



# **Aplicação de Metodologias Lean na Produção de Componentes Mecânicos**

*João Diogo Lemos Teixeira*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Luís Cardoso Osswald



**Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2015-07-01

*A Ti, pela inspiração,  
A Vocês, pela aprendizagem.*

## Resumo

O objetivo de uma empresa é entregar ao cliente o seu produto com a qualidade exigida mas com o menor custo associado possível. Desta forma sabendo que o setor industrial é bastante dinâmico e que o mercado está em constante mutação, é imperativo que as empresas não se deixem ultrapassar e procurem soluções que as tornem cada vez mais competitivas.

Neste contexto é essencial possuir uma mentalidade assente na melhoria contínua, desenvolver e utilizar metodologias de gestão que permitam otimizar os recursos e os processos, conseguindo assim, aumentar a qualidade, reduzir custos e aumentar a produtividade, com o mínimo de investimento possível.

Na sequência de todas as dificuldades que o setor industrial impõe, a Renault Cacia introduziu o Projeto LEAN Cacia 2015, no sentido de tornar a empresa cada vez mais sustentável e competitiva.

No início do projeto procedeu-se à avaliação do estado atual da Empresa e estabeleceram-se metas e objetivos a alcançar relativamente a algumas métricas de desempenho operacional, tais como a *performance*, a flexibilidade e o tempo de ciclo.

A dissertação incidiu na linha de produção das bombas de óleo de cilindrada variável e na linha de produção dos tambores.

O objetivo prioritário da linha de produção da bomba de óleo de cilindrada variável era o aumento da capacidade da mesma. Paralelamente pretendia-se tornar a linha mais eficiente, aumentando a percentagem de atividades de valor acrescentado e eliminando desperdícios. Para atingir os objetivos recorreu-se à automatização de postos de trabalho, a alterações no *layout*, à duplicação da máquina *bottleneck* e a ações de melhoria em alguns postos de montagem.

Quanto à linha dos tambores o ponto de partida foi a desorganização verificada nos movimentos dos trabalhadores. Nesta linha de montagem recorreu-se à uniformização das atividades dos operadores e elaborou-se a folha de operações *standard*. Nesta linha foi aplicada uma melhoria relativamente às trocas de ferramentas, seguindo a metodologia *SMED*.

No primeiro caso os objetivos foram alcançados conseguindo, com uma diminuição do tempo de ciclo, um aumento de 51% na produção diária da linha. As atividades de valor não acrescentado também foram reduzidas consideravelmente conseguindo com isso eliminar um homem por equipa e criar uma nova equipa para os fins-de-semana.

No segundo caso, com a implementação da troca de pastilhas múltiplas foi conseguido uma redução do tempo de paragem da linha em cerca de 34%.

**Palavras-Chave:** *Lean*, *SMED*, *5S*, Desperdício, Melhoria Contínua, *Just-in-Time*, *VA/NVA*

# The Application of Lean Methodologies in Mechanical Components Production

## Abstract

A company's purpose is to deliver its product to the customer with the required quality but at the lowest possible cost. Thus, knowing that the industrial sector is very dynamic and the market is constantly changing, it is imperative for the companies not to allow themselves to be surpassed by their competitors and seek solutions to become more and more competitive.

In this context it is essential to focus on continuous improvement, develop and use quality and management systems that allow companies to optimize their resources and processes. This way it is possible to have a better quality, reduce costs and increase productivity with the lowest possible investment.

To give response to industry requirements, Renault Cacia introduced *Projeto LEAN Cacia 2015* to make the company even more sustainable and competitive.

An evaluation of the current state of the Company was made in the beginning of the project alongside the definition of the goals and objectives to achieve for some indicators of operational performance, such as flexibility and cycle time.

The dissertation focused on the production lines of oil pumps and drums.

The main goal of the oil pump's production line was to increase its capacity. At the same time the line was to become more efficient, increasing the share of value-added activities and eliminating waste. To achieve this some measures were taken which included automation of workstations, changes on the layout, duplication of bottleneck equipment and the improvement actions in some mounting stations.

Regarding the drums' production line the starting point was the disorder observed in the movement of workers. The line of work followed here included the standardization of the operator's activities and the elaboration of standard operations sheet. An improvement related to tool exchanging was applied, following the SMED approach.

In the first case the goals have been achieved, with a reduction of cycle time and an increase of 51% in the daily production line. Also, the non-added value activities were considerably reduced which allowed the creation of a new team for the weekends with the elimination of a man per team during the week shifts.

In the second case, with the implementation of multiple tools exchanging the downtime of the line was successfully reduced by approximately 34%.

**Keywords:** *Lean, SMED, 5S, Waste, Continuous Improvement, Just-in-Time, VA / NVA*

## Agradecimentos

À Renault Cacia, em especial para o orientador de estágio, *Eng.* Pedro Gomes, pela oportunidade de desenvolver este projeto, pelo exemplo e pelos conhecimentos transmitidos. Ao *Eng.* João Merendeiro e ao *Eng.* Guillaume Lenfant pela integração e pelos ensinamentos. Ao Tiago, ao Clérigo e ao Andrés pela receptividade e pelo incentivo constante. A todos os restantes colaboradores que de alguma forma tenham contribuído para o desenvolvimento desta dissertação.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em particular ao Professor Paulo Osswald, pela disponibilidade, orientação e acompanhamento ao longo deste projeto.

Aos meus pais e à minha tia pelo apoio incondicional, sem eles nada disto seria possível.

Ao meu irmão e a todos os meus amigos que estão sempre comigo e me ajudam a evoluir cada vez mais.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Apresentação da Renault.....	1
1.2	Renault Cacia.....	2
1.3	Enquadramento do projeto e principais objetivos.....	4
1.4	Método seguido no projeto.....	4
1.5	Estrutura da dissertação .....	5
2	Estado da Arte.....	6
2.1	Valor.....	6
2.2	Desperdício ( <i>muda</i> ).....	7
2.3	Sistema de Produção Toyota ( <i>Toyota Production System</i> ).....	8
2.4	<i>Lean Thinking</i> .....	10
2.5	Melhoria Contínua ( <i>KAIZEN</i> ).....	11
2.6	<i>Just-In-Time (JIT)</i> .....	11
2.7	<i>SMED (Single Minute Exchange of Die)</i> .....	12
2.8	Gestão Visual.....	12
2.9	<i>Standard Work</i> .....	13
2.10	5S.....	14
2.11	<i>Lead Time</i> e Tempo de Ciclo .....	15
2.12	<i>KPI (Key Performance Indicator)</i> .....	15
2.13	Ferramentas de diagnóstico <i>SPR</i> .....	16
3	Melhoria na linha da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável .....	18
3.1	Estado Atual da Linha .....	18
3.2	Diagnósticos.....	23
3.3	Soluções propostas e implementadas .....	26
4	Melhoria na linha dos Tambores .....	34
4.1	Estado Atual da Linha .....	34
4.2	Diagnósticos.....	37
4.3	Soluções propostas e implementadas .....	39
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	45
5.1	Conclusões .....	45
5.2	Trabalhos Futuros .....	46
	Referências .....	47
	ANEXO 1: Bomba de Óleo de Cilindrada Variável Hxx.....	48
	ANEXO 2: Constituintes da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável .....	49
	ANEXO 3: Descrição das operações na linha de montagem da BOCV.....	50
	ANEXO 4: Fluxo Físico da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável .....	51
	ANEXO 5: Tempo de ciclo das tarefas manuais da BOCV Hxx (antes).....	52
	ANEXO 6: Folha de preenchimento de análise VA/NVA.....	53
	ANEXO 7: <i>Layout</i> Inicial da linha de produção da BOCV .....	54
	ANEXO 8: Operações não cíclicas na BOCV Hxx (antes) .....	55
	ANEXO 9: Operações não cíclicas na BOCV Rxx (antes) .....	56
	ANEXO 10: Fluxos Internos UET da BOCV (antes) .....	57
	ANEXO 11: Desenho técnico do desenvolvimento do tapete rolante no posto de embalamento.....	58
	ANEXO 12: Tempo de ciclo com decomposição da gama OP140 .....	59
	ANEXO 13: Tempo de ciclo com duplicação da OP140.....	60
	ANEXO 14: <i>Layout</i> Intermédio da linha de produção da BOCV .....	61
	ANEXO 15: <i>Layout</i> Final da linha de produção da BOCV.....	62

ANEXO 16:	Fluxos Internos UET da BOCV (depois) .....	63
ANEXO 17:	Operações não cíclicas na BOCV Hxx (depois) .....	64
ANEXO 18:	Operações não cíclicas na BOCV Rxx (depois) .....	65
ANEXO 19:	Tempo de ciclo das tarefas manuais da BOCV Hxx (depois).....	66
ANEXO 20:	Desenho técnico do Tambor e seus constituintes .....	67
ANEXO 21:	<i>Tool Change Ninja Eye</i> .....	68
ANEXO 22:	Fiabilidade das ferramentas e das máquinas na linha dos Tambores .....	69
ANEXO 23:	Diagrama <i>Spaghetti</i> na linha dos Tambores.....	70
ANEXO 24:	Cálculo dos tempos de mudança de ferramenta e controlo na Exameca (antes) .....	71
ANEXO 25:	Cálculo dos tempos de mudança de ferramenta e controlo na Exameca (depois) 72	
ANEXO 26:	Folha de Operação <i>Standard</i> – Operador 1.....	73
ANEXO 27:	Folha de Operação <i>Standard</i> – Operador 2.....	74
ANEXO 28:	Folha de Operação <i>Standard</i> – Situação Ideal .....	76



## Glossário de Termos e Acrónimos

**AT** – *Atelier*.

**Bottleneck (Estação Gargalo)** – Qualquer recurso que crie estrangulamento ao normal funcionamento de um sistema.

**BOCV** – Bomba de Óleo de Cilindrada Variável

**BAC** – Designação atribuída aos contentores de armazenamento e transporte de peças acabadas ou maquinadas.

**C.A.C.I.A.** – Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel.

**CM** – Componentes Mecânicos.

**CUET** – Chefe de Unidade Elementar de Trabalho.

**CV** – Caixa de Velocidades.

**FIFO** – *First In, First Out*.

**FOS (Folha de Operações Standard)** – Documento uniformizado de operações de trabalho, que contem as informações operatórias para que o operador possa realizar o trabalho sem defeitos e sem atrasos.

**Genba** – Termo industrial japonês para “local de trabalho”.

**JIT** – *Just-In-Time*.

**KPI** – *Key Performance Indicator*.

**MOD** – Mão-de-Obra Direta.

**MUDA** – Termo de origem japonesa que significa desperdício ou atividade que consome recursos e não acrescenta valor.

**NVA** – Valor Não Acrescentado.

**OEE (Overall Equipment Efficiency)** – Métrica que avalia o desempenho global do sistema de operações.

**SMED (Single Minute Exchange of Die)** – Métodos que levam à rápida mudança de ferramentas (*setup*).

**SPR** – *Système de Production Renault* (Sistema de Produção Renault).

**UET** – Unidade Elementar de Trabalho.

**VA** – Valor Acrescentado.

**WIP (Work In Process)** – Produtos ainda em fase de processamento.

## Índice de Figuras

Figura 1 – Fábricas Grupo Renault (Renault Cacia 2013) .....	1
Figura 2 – Fábrica Renault Cacia (Renault Cacia 2013) .....	2
Figura 3 – Organização da Renault Cacia .....	2
Figura 4 – Caixa JR (Renault Cacia 2013) .....	3
Figura 5 – Caixa ND (Renault Cacia 2013) .....	3
Figura 6 – Bombas de Óleo (Renault Cacia 2013) .....	3
Figura 7 – Árvore de Equilíbrio (Renault Cacia 2013) .....	3
Figura 8 – A casa do TPS (Liker 2004) .....	9
Figura 9 – As Quatro Caixas Renault .....	16
Figura 10 – Objetivo Tempo de Ciclo da linha da BOCV Hxx .....	18
Figura 11 – Zona de maquinação da UET da BOCV .....	19
Figura 12 – Fluxo de Operações na BOCV .....	20
Figura 13 – Paletes da maquinação no tapete automático e BAC de corpos Hxx maquinados .....	20
Figura 14 – Zona de <i>stock</i> com recurso à gestão visual .....	20
Figura 15 – Paleta da montagem final .....	21
Figura 16 – Transporte da base rolante de produto acabado para limite da UET .....	21
Figura 17 – Implantação da linha de produção do BOCV .....	22
Figura 18 – Nível <i>Engagement</i> dos Operadores na BOCV Hxx (antes) .....	23
Figura 19 – Distribuição de atividades na linha de produção da BOCV (antes) .....	24
Figura 20 – Repartição de atividades por posto na linha de produção da BOCV (antes) .....	24
Figura 21 – Número de ilhas <i>Engagement</i> (antes) .....	25
Figura 22 – Mecanismo de <i>zipagem</i> .....	27
Figura 23 – Abertura e fecho manual da porta OP 140 .....	27
Figura 24 – Tapete para expedição .....	28
Figura 25 – Aumento da Produção da BOCV Hxx .....	29
Figura 26 – Distribuição de atividades na linha de produção da BOCV (depois) .....	29
Figura 27 – Repartição de atividades por posto na linha de produção da BOCV (depois) .....	30
Figura 28 – Número de operações não cíclicas na linha da BOCV .....	30
Figura 29 – Distâncias internas percorridas pelo operador na linha da BOCV .....	30
Figura 30 – Número de ilhas <i>Engagement</i> (depois) .....	31
Figura 31 – Nível <i>Engagement</i> dos Operadores na BOCV (depois) .....	32
Figura 32 – Ação 5S nos tubos de abastecimento .....	32
Figura 33 – “Ponte” de auxílio ao abastecimento de brutos .....	35
Figura 34 – Brutos fora da posição de entrada na linha .....	35
Figura 35 – Fluxo de Operações nos Tambores .....	35

Figura 36 – Testes do tipo “passa/não passa” .....	36
Figura 37 – Exameca .....	36
Figura 38 – Implantação da linha de produção dos Tambores .....	37
Figura 39 – Fluxo Físico da linha dos Tambores (antes) .....	38
Figura 40 – Proposta de troca múltipla de ferramentas .....	40
Figura 41 – Comparação entre tempos consumidos (min) na troca de ferramentas e no controlo Exameca .....	40
Figura 42 – Ação 5S na OP 110/120 .....	41
Figura 43 – Ação 5S na operação de descarga e embalamento .....	42
Figura 44 – Fluxo Físico da linha dos Tambores (depois) .....	42
Figura 45 – Alteração da disposição da presa e do <i>robot</i> .....	43
Figura 46 – Base rolante e palete de intercalados .....	44

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Tempos de ciclo da linha da BOCV .....	19
Tabela 2 – Número de operações não cíclicas (antes).....	25
Tabela 3 – Distâncias internas percorridas pelo operador (antes) .....	26
Tabela 4 – Tempo de ciclo da linha dos Tambores .....	34
Tabela 5 – Tempo de Troca de Ferramentas/Turno .....	39
Tabela 6 – Tempo de Controlo na Exameca/Turno.....	39

# 1 Introdução

## 1.1 Apresentação da Renault

Fundada em 1898, a Renault é um grupo industrial, com mais de 120 000 colaboradores que idealizam, concebem, fabricam e comercializam veículos particulares e utilitários em 125 países. É constituído por 36 unidades de produção localizados em mais de 17 países (Figura 1), onde foram produzidos cerca de 2,7 milhões de veículos em 2014. A estrutura adotada pretende descentralizar decisões e responsabilidades e dotar o Grupo de flexibilidade e agilidade, sendo cada fábrica considerada autónoma.

Em 1999, a empresa adquiriu uma mais forte dimensão internacional, fazendo uma aliança com o construtor japonês Nissan. As duas empresas criaram uma relação de longo prazo baseada em três princípios: o respeito pela identidade de cada empresa, o respeito pela autonomia e o desenvolvimento de sinergias, com o objetivo de melhorar a *performance* de cada uma. As plataformas e componentes comuns desta aliança servem para reduzir custos de desenvolvimento de veículos.

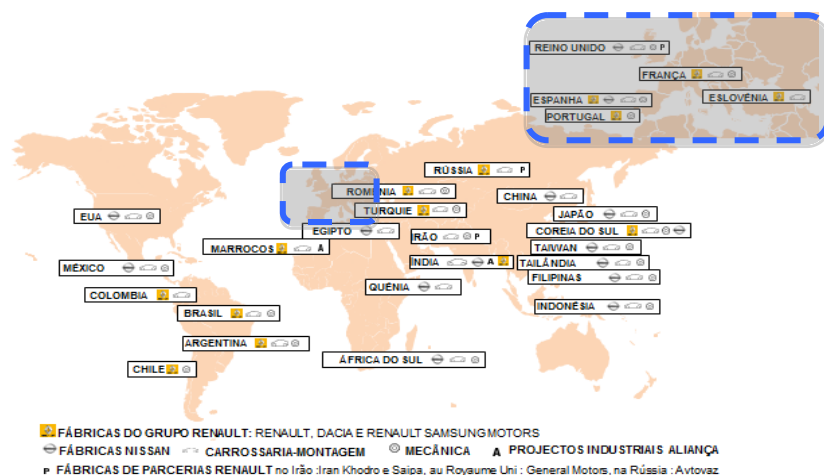


Figura 1 – Fábricas Grupo Renault (Renault Cacia 2013)

A vontade da Renault em conquistar novos mercados fica patente ao tornar-se a primeira marca europeia a associar-se a outras marcas, como a Dacia (Roménia), em 1999, e ao criar a sociedade sul-coreana Renault Samsung Motors (2000). Para consolidar a sua internacionalização, a Renault também concretizou várias parcerias com empresas estrangeiras, tal como Mahindra, na Índia, Pars Khodro, no Irão e AvtoVAZ na Rússia.

## 1.2 Renault Cacia

A Renault Cacia é uma fábrica do Grupo, que produz órgãos e componentes para a indústria automóvel desde Setembro de 1981. No entanto, a produção exclusiva para o Grupo Renault apenas foi iniciada em 1988. Passados dez anos, a fábrica é filiada e é formada a nova sociedade, C.A.C.I.A., Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel.



Figura 2 – Fábrica Renault Cacia (Renault Cacia 2013)

A C.A.C.I.A., até então fabricante de produtos para empresas do Grupo Renault, mas também para empresas externas ao grupo, opta em 2001 por uma mudança de estratégia, concentrando a sua atividade inteiramente para o Grupo Renault. Em 2012, a C.A.C.I.A., passou a ser denominada de forma oficial como Renault Cacia.

Ao nível da estrutura organizacional, a Renault Cacia encontra-se dividida em 9 grandes áreas que respondem perante a Direção Geral. Os departamentos existentes são os seguintes: Engenharia, Logística, Produção, Qualidade, Técnico, Sistemas Informáticos, Financeiro e Compras, Recursos Humanos e *Système de Production Renault (SPR)* e *Monozukuri*<sup>1</sup>.

Importa referir, que o Departamento de Produção é dividido em duas secções: a de Caixas de Velocidade (CV), onde é feita a maquinação dos componentes e a respetiva montagem e de Componentes Mecânicos (CM). Cada uma delas está dividida em *Ateliers* que, por sua vez, estão divididos em várias linhas de produção, designadas por Unidades Elementares de Trabalho (UET). Dentro de cada *Atelier* existe uma célula técnica que auxilia a fabricação e é responsável pelo progresso contínuo das UET. (Figura 3).

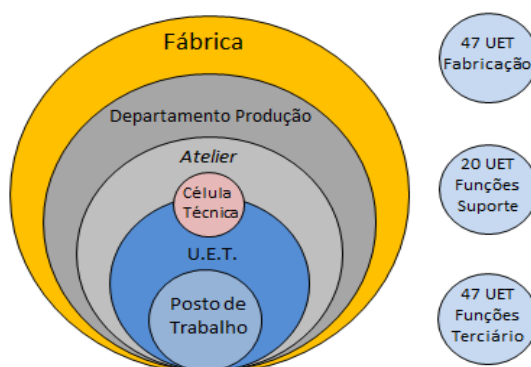


Figura 3 – Organização da Renault Cacia

<sup>1</sup> Esta designação deriva de um termo japonês “fabricar” (*zukuri*) “coisas” (*mono*). O departamento tem atividades que abrangem a fabricação, mais concretamente atividades relacionadas com a melhoria do produto, e também gerem a eficiência e a qualidade da cadeia de abastecimentos externa a Cacia.

A Renault Cacia produz atualmente caixas de velocidades – a ND e a JR – assim como vários componentes para motores, tais como bombas de óleo, árvores de equilibragem, tambores, coletores, balanceiros, cárteres e tampas da culassa em ferro fundido e alumínio. De destacar que os órgãos considerados mais importantes a nível estratégico para a fábrica são as caixas de velocidade e as bombas de óleo.

A totalidade dos produtos são para exportação e destinam-se a fábricas Renault e Nissan de montagem de veículos e de mecânica. A fábrica empregava em 2014 1066 colaboradores e teve uma faturação de 262 milhões de euros.

A Caixa JR (Figura 4), fabricada desde 2002, é uma caixa de 5 velocidades que equipa uma vasta gama de veículos particulares e utilitários da Renault e DACIA com as motorizações mais baixas. A Caixa ND (Figura 5) é fabricada desde 2001 e é uma caixa com 6 velocidades que equipa veículos particulares com forte motorização tal como a gama Mégane.



Figura 4 – Caixa JR  
(Renault Cacia 2013)



Figura 5 – Caixa ND  
(Renault Cacia 2013)

Quanto ao sector dos Componentes Mecânicos (CM), tal como já foi referido, é constituído por linhas de maquinação e de montagem de componentes diversos, onde é possível destacar as bombas de óleo e as árvores de equilibragem.

As bombas de óleo são o coração do sistema de lubrificação do motor. As bombas de óleo (Figura 6) fabricadas em Cacia equipam uma boa parte da gama de motores da Renault. Têm excelente qualidade e fiabilidade tal como a sua importante função o exige. Já as árvores de equilibragem (Figura 7) dão um contributo importante para o suave funcionamento dos motores e para o conforto sonoro do veículo pois reduzem as vibrações e o ruído. Estas recebem o movimento da cambota e compensam as vibrações através de pequenos contrapesos.



Figura 6 – Bombas de Óleo  
(Renault Cacia 2013)



Figura 7 – Árvore de Equilibragem  
(Renault Cacia 2013)

### 1.3 Enquadramento do projeto e principais objetivos

O projeto foi desenvolvido no Departamento SPR e no Departamento de Produção, na área de Componentes Mecânicos. No entanto, para que as decisões fossem tomadas da maneira mais correta e assertiva possível foi necessário envolver os outros departamentos, como a Engenharia, a Logística, a Qualidade e o departamento Técnico.

O ponto de partida para o início do projeto surgiu na incessante necessidade de melhorar, sempre com os objetivos da redução de custos, da garantia de qualidade e do desempenho em mente. A indústria automóvel é muito competitiva, sendo a concorrência externa, e até mesmo interna, muito forte. A fábrica concorre em preço com outros fornecedores, portanto, um aumento de capacidade das linhas e redução de custos reflete-se em competitividade acrescida e, poderá possibilitar à empresa receber novos projetos pela eficiência e eficácia demonstrada.

Nesse sentido, a Renault Cacia adota uma postura irrequieta na procura de oportunidades de melhoria, inspirando-se em vários tipos de boas práticas adaptadas do pensamento *Lean*.

Foram realizadas análises a todas as unidades de fabrico da área de Componentes Mecânicos e identificadas as linhas prioritárias de atuação. O presente trabalho incidiu sobre a linha de produção das bombas de óleo de cilindrada variável e sobre a linha de produção dos tambores.

Os objetivos gerais para estas linhas baseiam-se no aumento da produtividade, através da otimização e simplificação dos processos e do aumento do valor acrescentado das atividades desenvolvidas pela empresa.

No caso da bomba de óleo de cilindrada variável, existe um concorrente que ameaça a existência da linha sendo necessária uma intervenção imediata e com objetivos bem definidos. Nesta linha foi definido como objetivo a redução do tempo de ciclo de 0,75 minutos para 0,51 minutos.

### 1.4 Método seguido no projeto

No Grupo Renault, as exigências para a performance, qualidade de produção e respeito pelos princípios de desenvolvimento sustentável, são iguais qualquer que seja o país. Assim, a Renault implementou, a partir de 2000, o *Système de Production Renault* em todos os seus locais de produção, de forma a uniformizar ao melhor nível os seus métodos de fabrico. Ou seja, o SPR é um departamento que tem por missão aplicar um conjunto de abordagens e de ferramentas com o mesmo nome (inspiradas em grande parte na filosofia *Lean*) e que têm como objetivos: posicionar o sistema industrial ao melhor nível de desempenho mundial, agrupando e uniformizando as boas práticas com vista a uma melhoria contínua do posto de trabalho, acompanhar o desenvolvimento do grupo no mercado internacional, assegurar que as melhorias não comprometem a qualidade pedida pelos clientes internos e externos, reduzir o custo global, fabricar produtos pedidos no momento pedido e responsabilizar e respeitar os homens.

Assim a metodologia abordada divide-se em 3 fases.

Na primeira fase procedeu-se à realização de diagnósticos, recorrendo às ferramentas SPR no sentido de entender qual a situação atual das linhas, sendo definido o estado *AS-IS*. Para isso são calculados alguns indicadores, para serem analisados e comparados com os valores de outras linhas, na busca de oportunidades de melhoria.

A segunda fase consiste na realização de seminários onde são reunidos todos os intervenientes nos processos em questão e são apresentados os diagnósticos realizados. Esta fase pretende envolver todas as pessoas e apelar ao surgimento de soluções a partir da discussão entre todos.

Na última fase, após estarem definidas as ações a realizar procede-se à implementação das mesmas.



## 1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por 5 capítulos.

No seguimento desta introdução, o capítulo 2 é dedicado ao enquadramento teórico das metodologias aplicadas no trabalho. Desta forma, o estado da arte presente neste capítulo foi suportado por uma revisão bibliográfica dos principais temas abordados.

No terceiro capítulo ocorre a apresentação detalhada da linha de produção de bombas de óleo e das oportunidades de melhoria nela encontradas e intervenções realizadas. O capítulo está subdividido em três partes: a primeira parte descreve a situação atual e serve como base para entender toda a dinâmica da linha. A segunda parte, onde se apresentam os diagnósticos realizados, serve para identificar desperdícios, ou outro tipo de atividade de valor não acrescentado para consequentemente, identificar possíveis ações que melhorem a *performance* e flexibilidade das linhas de produção. Na terceira e última parte apresentam-se as soluções de melhoria propostas e implementadas.

O quarto capítulo segue a mesma formatação do capítulo anterior, sendo que neste o tema tratado é a linha de produção dos tambores.

O último capítulo fica reservado para as conclusões finais e são apresentadas propostas para futuros trabalhos.

Finalmente, nos anexos, são apresentados documentos com informação mais detalhada do desenvolvimento do projeto.

## 2 Estado da Arte

Neste capítulo é feita uma revisão da filosofia *Lean*. Aqui serão apresentados os conceitos teóricos do *Lean Thinking* e suas ferramentas.

### 2.1 Valor

*“Valor é tudo aquilo que justifica atenção, o tempo e o esforço que dedicamos a algo. Quando sentimos que não vale a pena, não vamos, não compramos nem dedicamos tempo ou atenção.”* (Pinto 2009)

É usual utilizar a palavra valor para classificar algum produto ou serviço. Valor é, portanto, aquilo que se percebe como útil quando se usufrui de algo.

Tudo aquilo que é entregue ao cliente e que este considere importante é designado como valor. É o valor que justifica se a empresa deve existir ou não dependendo da quantidade de valor que esta seja capaz de fornecer aos seus clientes. Mas é importante destacar que não é apenas o cliente final que espera receber valor das empresas. Todas as partes interessadas, sejam eles os clientes, a sociedade em geral, os colaboradores ou os acionistas, esperam receber o valor gerado pela organização. Só dessa forma é possível satisfazer e criar harmonia entre todas as partes, gerando valor.

Para criar valor, a empresa deve procurar identificar em todas as atividades que realiza aquelas que são relevantes, ou seja, as que vão ao encontro da satisfação dos *stakeholders*, denominadas de atividades de valor acrescentado, e aquelas que nenhum valor trazem, consideradas desperdício. *Muda*, palavra japonesa para desperdício, refere-se às atividades que não proporcionam valor acrescentado. Estas atividades consomem tempo e recursos e consequentemente aumentam o preço final a que os produtos chegam aos clientes. É imperativo uma busca incessante pela eliminação destes desperdícios para uma constante evolução das empresas.

O valor acrescentado pode ser considerado a base para o sucesso económico de uma organização pois permite:

- i. Fornecer produtos úteis aos clientes;
- ii. Produzir riqueza económica;
- iii. Partilhar a riqueza pelos colaboradores, pelos fornecedores, pela sociedade e pelos acionistas;
- iv. O financiamento futuro da empresa e a possibilidade de responder aos imprevistos externos, políticos ou económicos. (Courtois, Martin-Bonnefois, e Pillet 1996)

## 2.2 Desperdício (*muda*)

*“O muda torna os produtos ou serviços mais caros, fazendo com que estejamos a pedir muito mais do que o valor que entregamos e praticando, assim, um preço injusto”* (Pinto 2009)

Sabendo que a vantagem competitiva mede-se pelo valor acrescentado que as organizações criam, é importante desde logo identificar quais os *mudas* existentes na organização e nos seus processos. A identificação correta dos desperdícios significa inerentemente a identificação de oportunidades para a empresa. A eliminação desses desperdícios significa a eliminação de atividades que o cliente não está disposto a pagar e consequentemente o aumento da margem de lucro ou diminuição do preço final de venda.

Surge então a necessidade de identificar as diferentes origens dos desperdícios. Segundo Shingo (1981) existem sete categorias principias de desperdícios, desperdícios esses identificados no decorrer do desenvolvimento do *Toyota Production System* (TPS).

- i. **Esperas** – Relativo ao tempo perdido pelas pessoas ou equipamentos quando esperam por algo. As principais causas das esperas estão geralmente relacionadas com grandes lotes de produção, mau planeamento, desorganização ou por fluxos obstruídos que pode derivar de uma avaria, acidentes ou defeitos de qualidade.
- ii. **Transporte** – Aqui estão incluídas as atividades que impliquem a movimentação de materiais ou peças acabadas de um lugar para outro. O transporte de matéria de um posto de trabalho para outro não produz qualquer valor acrescentado, pelo que o cliente não está disposto a pagar por ele.
- iii. **Excesso de Produção** – Este tipo de desperdício corresponde a tudo que é produzido acima do necessário, em quantidades desnecessárias, quando não é necessário. Este desperdício proporciona algumas consequências dispensáveis como o consumo desnecessário de recursos, de tempo e de energia, o aumento de *stocks* e a antecipação de compras de materiais.
- iv. **Stock** – Existências de matérias-primas, produtos acabados ou em vias de fabrico em excesso. Ou seja, existe mais do que deveria existir para que se mantenha um fluxo contínuo sem esperas. Isto implica custos de financiamento e manuseamento dos *stocks* bem como mais espaço fabril ocupado sem necessidade.
- v. **Sobre-Processo** – Refere-se a operações que não são necessárias. Isto é, este *muda* refere-se a processamento para além do adequado. O sobre-processo refere-se a operações mal sequenciadas ou desnecessárias para obter a especificação que corresponde ao que o cliente quer. Este desperdício é essencialmente criado no departamento de engenharia e menos na produção. Por natureza os processos geram perdas, no entanto, é necessário eliminá-las o máximo possível, procurando executar as tarefas de modo mais simples.
- vi. **Defeitos** – A não conformidade das peças, para além de gerar os custos de matérias-primas e de mão-de-obra, geram também custos associados de inspeção, retrabalho e reparações. Consequentemente consome-se mais tempo do que o previsto, podendo resultar em atrasos nas entregas das encomendas.
- vii. **Movimento desnecessário** – Refere-se ao movimento das pessoas que não é necessário para executar as operações. À semelhança do *muda* de transporte, quando um operador se move de um posto para outro não está a criar valor.

Um oitavo desperdício é identificado por Womack e Jones, em 1996, que consiste no não aproveitamento do potencial humano, isto é, das ideias e criatividade dos operadores. Uma vez que os operadores são parte fundamental na fábrica estes devem ter também um papel

importante na identificação de problemas e soluções, podendo ajudar a combater os desperdícios.

## 2.3 Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System*)

Os primeiros passos do desenvolvimento do Sistema de Produção Toyota foram dados pela mão de Taiichi Ohno nos anos 1940. Este sistema, criado com uma visão inovadora, rompia com todos os princípios utilizados até então pela *mass production*.

O Japão encontrava-se destruído após a Segunda Guerra Mundial, os recursos eram escassos e a indústria automóvel encontrava-se em grande queda, ao contrário do que se sucedia nos Estados Unidos da América, onde a produtividade era superior à dos japoneses. Foi então que Eiji Toyoda, o presidente da Toyota, e Taiichi Ohno decidiram viajar para os Estados Unidos para tentarem encontrar as respostas que faziam do sistema de produção “fordista”, criado por Henry Ford, o mais produtivo até então. Quando visitaram as fábricas da Ford depararam-se que a produção era realizada em lotes de grandes dimensões ao menor custo, causando quantidades enormes de *stocks* acabando por ocupar espaços na fábrica desnecessariamente e requerendo investimentos significativos nos *stocks*. Chegaram à conclusão que o sistema de produção em massa utilizado pelos americanos permitia compensar os elevados tempos de *setup* e outros custos fixos.

No entanto a Toyota tinha que se adaptar devido à dimensão do seu mercado, à falta de espaço e à pouca capacidade de financiamento de *stocks*. Desta forma, em vez de utilizar grandes lotes que resultam em *lead time*, *stocks* e custos de aprovisionamentos e transformação elevados, optou por produzir lotes pequenos, flexibilizando a produção e consequentemente reduzindo a quantidade de *stock*. Com o intuito de flexibilizar o seu processo produtivo, a *Toyota Motors Corporation* contratou Shingeo Shingo para desenvolver metodologias eficazes de redução drástica de tempos de *setup*. Isso iria permitir uma maior variedade de produtos com custos e *lead time* reduzidos. A partir daqui foi desenvolvido um processo contínuo de reestruturação da Toyota, que passou fundamentalmente por uma sistemática procura do desperdício e pela eliminação das perdas em todas as etapas do processo de produção. Tudo isso foi possível graças a Taiichi Ohno e à sua enorme capacidade de liderança, motivação e aprendizagem.

O TPS é frequentemente apresentado graficamente como uma casa, com várias divisões que, apesar de possuírem funções bem definidas, têm de estar fortemente interligadas para que a casa seja forte e resistente (Figura 8). O TPS assenta em princípios e valores muito próprios, que iniciam na recusa em aceitar o desperdício e no respeito pelas pessoas. Este sistema de produção foi também estabelecido com base em dois pilares principais. O primeiro é chamado de *Jidoka* que indica que quando surge um problema, a linha deve parar imediatamente, evitando que sejam produzidos artigos com defeitos e que estes cheguem até ao cliente final. O segundo pilar é o *Just-in-Time*. Este conceito sugere que apenas se deve produzir o que é preciso, quando é pedido e apenas na quantidade necessária, num fluxo contínuo. Outros aspetos fundamentais no desenvolvimento do sistema TPS prendem-se com a filosofia Toyota (*The Toyota Way*) que assenta numa cultura de valorização das capacidades dos colaboradores, pois a identificação de problemas e a criatividade para a resolução dos mesmos está fortemente dependente da presença de humanos. A gestão visual e o 5S são essenciais como forma de envolver todos, trabalhadores e gestores, através da comunicação visual melhorando a capacidade de deteção de problemas e permitindo uma rápida intervenção em caso de falhas. Processos estáveis e normalizados assumem um papel importante na redução da variabilidade, que dificulta o nivelamento da produção e o desempenho dos processos.

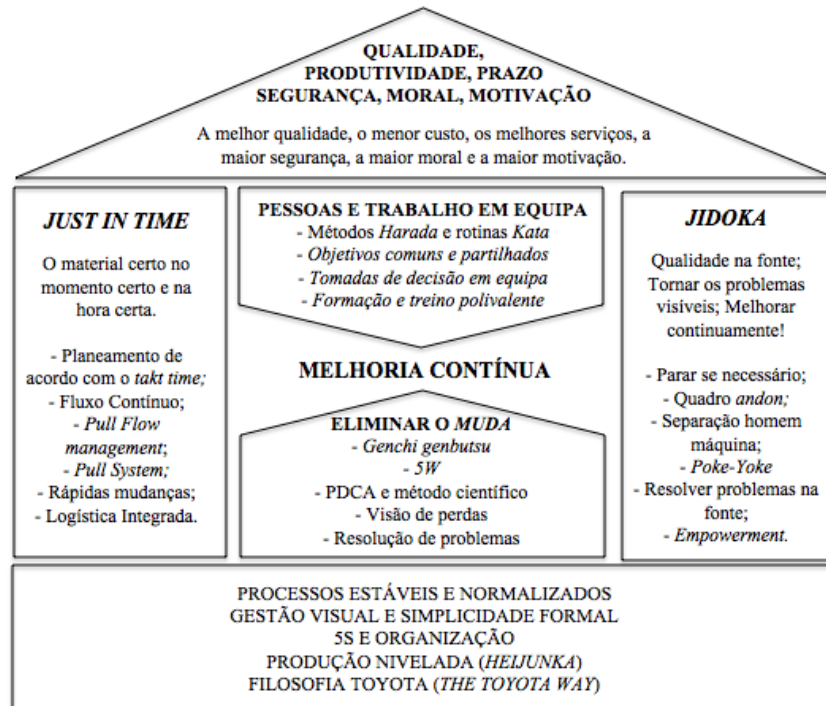


Figura 8 – A casa do TPS (Liker 2004)

Segundo refere Liker (2004) é possível enumerar 14 princípios de gestão do TPS:

- i. Tomar as decisões numa filosofia de longo prazo;
- ii. Criar processos e fluxos contínuos de forma a evidenciar os problemas;
- iii. Usar o *pull system* para evitar excessos de produção;
- iv. Nivelar a carga de trabalho;
- v. Criar o hábito de interromper os processos para resolver problemas;
- vi. Uniformizar como base de melhoria contínua;
- vii. Utilizar controlos visuais para tornar os problemas visíveis;
- viii. Usar apenas tecnologia fiável e já testada que suporte as pessoas e os processos;
- ix. Facilitar o desenvolvimento de líderes que conheçam o trabalho, vivam a filosofia e ensinem os outros;
- x. Desenvolver pessoas e equipas que sigam a filosofia da empresa;
- xi. Desafiar e incentivar a melhorar toda a rede de parceiros;
- xii. Incentivar a observação direta dos processos e problemas: “Vá e veja por si e verdadeiramente perceba a situação” (*genchi genbutsu*);
- xiii. Tomar decisões consensuais, tendo em consideração todas as opiniões e implementá-las rapidamente;
- xiv. Fomentar a criação de uma *learning organization* através da reflexão segura (*hansei*) e da melhoria contínua.

## 2.4 Lean Thinking

*“In short, lean thinking is lean because it provides a way to do more and more with less and less – less human effort, less equipment, less time and less space – while coming closer and closer to providing customers with exactly what they want.”* (Womack e Jones 1996)

O aparecimento da filosofia *lean thinking* acontece com a publicação da obra de referência de Womack e Jones. O termo *lean thinking* surge para dar nome à evolução do TPS e considerar os novos conceitos desenvolvidos durante a década de 1990.

Segundo refere Pinto (2009) o *lean thinking* é uma filosofia de liderança e de gestão autoevolutiva que continuamente se melhora, encorajando as pessoas a pensar e a resolver problemas, criando valor. O *lean thinking* não é apenas um conjunto de práticas e ferramentas, mas antes uma mudança cultural na forma como as pessoas e a organização pensam e se comportam.

Segundo o pensamento *lean*, as organizações devem possuir equipas envolvendo pessoas flexíveis, com múltipla formação, elevada autonomia e responsabilidade, devem possuir estruturas de resolução de problemas ao nível das áreas de trabalho, em sintonia com uma mentalidade de melhoria contínua e devem ter políticas de liderança de recursos humanos baseadas em valores, no comprometimento, na partilha e dignidade. Esta filosofia realça também as relações de proximidade e sintonia com os fornecedores e com os clientes.

Womack e Jones (1996) identificaram cinco princípios da filosofia *lean thinking*:

- i. Criar Valor – Quem define o que é valor são os clientes e não a empresa. É o cliente que define por que especificações está disposto a pagar, ou seja, é o cliente que decide qual o valor do produto.
- ii. Definir a cadeia de Valor – A organização tem de ser capaz de identificar todas as atividades da cadeia que contribuem para acrescentar valor, desde os fornecedores até ao cliente final.
- iii. Otimizar os Fluxos – A otimização dos fluxos (materiais, pessoas, informação, capital) tem como objetivo tornar a cadeia de valor cada vez mais fluída, eliminando os desperdícios.
- iv. *Pull System* – Este princípio afirma que apenas se deve produzir o que o cliente pede e no momento requerido. É o cliente que lidera o processo. Isto permite evitar *stocks* exagerados.
- v. Perfeição – É necessário fomentar uma cultura de melhoria contínua, pois só dessa forma é possível alcançar um produto onde não é gerado desperdício, apenas valor.

Estes princípios surgem como base de implementações *lean* nas organizações. No entanto, ao longo do tempo foram identificadas algumas falhas nos princípios de Womack e Jones. Os princípios apresentados inicialmente apresentavam duas lacunas. Por um lado, a cadeia de valor estava direcionada apenas para cliente, esquecendo as outras partes envolvidas, e por outro lado, a constante preocupação na redução de desperdícios pode levar a organização a ignorar a importante atividade de criar valor pela inovação de produtos ou serviços (Pinto 2009). Neste seguimento, a Comunidade *Lean Thinking* (CLT), citado por Pinto (2009) depois de esforços de desenvolvimento e pesquisa, sugeriu a adição de mais dois princípios procurando posicionar as organizações no caminho certo, rumo à excelência e um melhor desempenho. São eles: “Conhecer o *stakeholder*” e “Inovar sempre”.

O primeiro princípio acrescentado evidencia a importância de conhecer com detalhe todos os interessados do negócio. Para garantir um bom futuro a empresa não pode apenas focar-se no cliente final, negligenciando as necessidades e expectativas dos colaboradores, acionistas ou

da sociedade. Nesta ótica é importante definir os valores e todas as cadeias de valor, não se limitando apenas a identificar e classificar o valor para o cliente final. O segundo princípio, “inovar sempre”, relembra a importância de inovar, de criar novos produtos, novos serviços ou novos processos. A inovação proporciona a criação de valor.

## 2.5 Melhoria Contínua (KAIZEN)

*“Melhoria contínua: todos os dias, pouco a pouco, haveremos de lá chegar. Esta é a forma correta de estar na vida, é aceitar a mudança como algo permanente e fazer da insatisfação o motor dessa mudança.” (Pinto 2009)*

O conceito de melhoria contínua, provem das palavras japonesas *Kai* e *Zen*, que significam “boa mudança” em português. O conceito é considerado como uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade nas organizações.

Conforme refere Pinto (2009), a melhoria contínua é uma metodologia segundo a qual as pessoas trabalham em conjunto para melhorar o desempenho dos seus processos e, continuamente, acompanhar e responder às necessidades e expectativas dos clientes.

Na sua essência, a melhoria contínua encoraja as pessoas a resolverem problemas e desafios, sendo proactivas. A melhoria contínua não compactua com a inércia, ela requer hábitos sólidos de proatividade. Segundo Covey (1989), os hábitos são o resultado da interceção entre três fatores cruciais para a melhoria contínua: o conhecimento, o desejo e o saber fazer.

*Kaizen* é uma mudança lenta e progressiva que pressupõe a participação de todos, moralizando as equipas e tornando-as mais integradas no processo de aperfeiçoamento constante.

## 2.6 Just-In-Time (JIT)

*“O JIT é uma técnica de produção puxada segundo a qual todos os outputs são realizados no momento certo, na quantidade pedida e no local combinado, recorrendo ao paradigma pull e ao kanban para controlar e disciplinar o fluxo de materiais, pessoas e informação.” (Pinto 2009)*

Como já foi referido, o *JIT* é um dos pilares fundamentais do TPS, bem como um dos fatores que maior contributo dá para uma gestão baseada no pensamento *Lean*. O conceito foi introduzido pela primeira vez por Ohno (1988) no livro *Toyota Production System*. Os sistemas *JIT* foram desenvolvidos para produzir e entregar os produtos ou serviços apenas quando estes são necessários (Heizer 2001). Um dos resultados da realização de tarefas apenas quando são pedidas é a redução de custos de produção, derivados da eliminação de todas as atividades que não geram valor acrescentado. Para alcançar o *JIT* é necessário que o sistema de produção da organização seja flexível permitindo responder às variações dos pedidos dos clientes, eliminado assim *stock* em períodos de baixas encomendas (Imai 1997). Conforme relata Pinto (2009), Ohno (1988) indicou que o sistema *JIT* envolve duas componentes principais:

- i. Sistema *kanban* – Vocábulo de origem japonesa que significa “cartão”. Este sistema, também denominado de *pull system* (sistema “puxar”, em português), garante que todo e qualquer processo só inicia quando o processo a jusante o permitir.
- ii. Nivelamento da produção (*Heijunka*) – Vocábulo de origem japonesa que significa tornar suave ou estável, ou seja, nivelador. A programação nivelada permite manter um nível estável de produção, quando necessário de artigos diferentes, de forma a manter um fluxo contínuo de materiais, nivelando também a procura dos recursos para

a produção. Desta forma consegue-se minimizar os *stocks* e os tempos mortos e evitar sobrecargas.

O principal objetivo desta filosofia de fabrico é fazer tender todas as filas de espera de inventário para zero, reduzindo desta forma o investimento em *stock* e diminuindo o *lead time* (Jacobs 2002).

## 2.7 SMED (Single Minute Exchange of Die)

*“Machines can be idle, workers must not be.”* (Shingo 1985)

O método *SMED* pode traduzir-se por “Mudança de Ferramentas em menos de dez minutos”. Este método visa a redução de tempos de mudança de ferramenta e *setup* e deve ser aplicada em qualquer máquina ou linha de produção. O *SMED* surgiu devido à necessidade de trabalhar com lotes reduzidos para responder de modo flexível aos inconstantes e variados pedidos dos clientes e para conseguir suportar as flutuações da procura.

Segundo Shingo (1985), as consequências diretas do método são a redução de custos, a viabilização da redução dos lotes de fabrico, uma melhoria da qualidade, derivada de uma maior organização nas mudanças de série, o aumento da produtividade, com a maximização da utilização dos meios, e a normalização dos processos.

As principais etapas que sustentam esta metodologia, tal como refere Pinto (2009), são as seguintes:

- i. Separar as atividades de *setup* internas e externas envolvidas no processo de mudança de ferramenta. As primeiras são atividades que apenas podem ser realizadas com a máquina parada, as segundas podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.
- ii. Transformar as operações internas em externas. Através de uma melhor preparação do trabalho é possível minimizar o tempo de paragem do equipamento ou do processo.
- iii. Eliminar as necessidades de ajustes (como apertos e calibrações).
- iv. Uniformizar e melhorar as operações manuais. Para se conseguir uma rápida mudança de ferramentas é necessário eliminar o mais possível as afinações da máquina normalizando as funções que necessitam ser alteradas.

A aplicação deste método é indispensável, uma vez que demoradas mudanças de série constituem obstáculos intransponíveis para garantir a fluidez da circulação das peças (Courtois, Martin-Bonnefois, e Pillet 1996).

## 2.8 Gestão Visual

*“Gestão visual, também referida como controlo visual, é um processo para apoiar o aumento da eficiência e eficácia das operações, tornando as coisas visíveis, lógicas e intuitivas.”* (Pinto 2009)

A gestão visual é uma ferramenta muito poderosa na gestão de fluxos da fábrica. Ela permite facilitar a interpretação da informação sobre o processo produtivo de maneira que o operador perceba qual a situação atual, e assim, detetar mais cedo possíveis anomalias. O intuito da gestão visual é que todos os operadores sejam capazes de observar e compreender perfeitamente os diferentes aspetos do processo e o estado das atividades, de tal modo que estes sejam capazes de intervir com a ação correta (Womack e Jones 1996).

Desta forma, estimular a gestão visual permite facilitar a comunicação e ajuda os colaboradores a gerir e a controlar os processos de forma autónoma, evitando falhas e desperdícios de tempo, e com recurso a sistemas simples. O controlo visual pode ser



implementado de várias formas, tais como sinais luminosos ou sonoros, etiquetas, marcas pintadas no chão da fábrica, sombras das ferramentas num quadro, cartões *kanban*, dispositivos à prova de erro (*poka-yoke*), entre outros. A gestão visual deve ser o mais simples e intuitiva possível para que, numa fração de segundo, o operador receba a informação que procura sem nenhuma hesitação (Magalhães 2011).

## 2.9 Standard Work

*“Uniformizar as operações é dar segurança a quem as faz e garantias a quem as gere ou se serve delas.”* (Pinto 2009)

A uniformização é uma das ferramentas que está na base da melhoria contínua. Ela significa que a realização de determinada tarefa é sempre igual, independentemente de quem a esteja a executar. Esta ferramenta proporciona um conjunto de documentos que explicam como se manuseia determinado equipamento ou como se faz determinada tarefa. No trabalho uniformizado o modo como se procede uma determinada operação é o mesmo para todos os trabalhadores, portanto, se for detetado que essa tarefa pode ser realizada de forma mais rápida e económica, cria-se um novo padrão (*standard*) de trabalho. A normalização transmite, então, a melhor forma encontrada até à data de realizar as tarefas. Esta ferramenta permite também o encorajamento e o envolvimento dos operadores a encontrarem possíveis sugestões de melhoria.

Segundo Coimbra (2009), a criação de normas de trabalho deve ser guiada pelo princípio da realização de um determinado trabalho no menor espaço de tempo possível e com uma qualidade perfeita, ou seja, procurar apenas tarefas de valor acrescentado. Para formalizar um processo de trabalho é necessário observar os trabalhadores, registando as suas movimentações e medindo os tempos de cada tarefa.

Normalizar o trabalho possibilita à organização os seguintes benefícios (Kaizen Institute 2014b):

- i. Eliminar o desperdício, identificando movimentos desnecessários;
- ii. Eliminar a variabilidade, tornando o processo estável e permitindo um maior conhecimento do mesmo;
- iii. Aumentar a qualidade dos produtos desenvolvidos, pois cada um sabe exatamente que tarefa tem de completar;
- iv. Preservar o conhecimento. Se um trabalhador com muita experiência sair, o seu conhecimento não é perdido;
- v. Tornar o processo de formação dos colaboradores mais fácil, pois as bases para a formação já estão documentadas.

Basicamente, o *standard work* consiste em três elementos (Pinto 2009):

- i. Tempo de ciclo: definido como o tempo necessário para que cada etapa da produção seja concluída;
- ii. Sequência de produção: a melhor ordem pela qual se realizam as tarefas;
- iii. Nível WIP: quantidade máxima de *stock* que flui através das diversas operações, quando o processo decorre sem nenhuma variabilidade.

## 2.10 5S

*“As a general rule of thumb, introducing good work-place organization reduces process defects by 50%.” (Imai 1997)*

A metodologia dos 5S foi desenvolvida no Japão, durante os anos 50, por Hiroyuki Hirano. Os cinco “S” provêm das iniciais de cinco palavras japonesas que têm como objetivo representar as atividades de arrumação, limpeza e organização dos locais de trabalho, permitindo com esta abordagem manter e preparar a melhoria da situação inicial (Courtois, Martin-Bonnefois, e Pillet 1996).

Muitas organizações sugerem a evolução de 5S para 6S (5S + 1S = Segurança). O 6S é uma extensão do 5S pois tenciona incorporar uma vertente segurança em todas as etapas. O objetivo é garantir um ambiente de trabalho seguro.

- i. **Seiri** (Organização) – Esta etapa consiste na separação do que é útil do que é inútil, mantendo apenas o indispensável no local de trabalho. É necessário numa primeira fase identificar todas as coisas desnecessárias no posto de trabalho. Após identificar os objetos, que podem tratar-se de ferramentas, documentos ou *stocks*, que estão a mais é tomada a decisão sobre o seu destino.
- ii. **Seiton** (Arrumação) – O segundo “S” tem o intuito de definir um local exato para cada coisa. Esta segunda etapa pretende que tudo esteja arrumado em locais próprios, bem identificados e de fácil acesso. Colocar os objetos de maior utilização mais perto da linha e os de menor utilização em um local mais afastado ou colocar ajudas visuais nos objetos e no respetivo lugar onde devem ser deixados são exemplos de arrumação que permitem reduzir perdas de tempo na procura dos mesmos.
- iii. **Seiso** (Limpeza) – Esta etapa visa a eliminação de toda e qualquer tipo de sujidade encontrada no ambiente de trabalho, repondo as condições iniciais da linha. A limpeza proporciona que o trabalhador se sinta confortável e, pelo contrário, a sujidade dificulta a identificação e prevenção de falhas e de problemas.
- iv. **Seiketsu** (Normalização) – O quarto passo consiste em definir uma norma de organização, arrumação e limpeza para o posto de trabalho, de forma a evitar que estes sejam realizados apenas de forma esporádica ou aleatória. Para isso é necessário identificar as ajudas visuais e procedimentos *standards* para toda a fábrica, para todos os equipamentos e postos de trabalho (Pinto 2009).
- v. **Shitsuke** (Autodisciplina) – O último “S” pretende desenvolver nos colaboradores o sentido de autodisciplina. É pretendido com esta etapa que os trabalhadores atinjam a autonomia necessária para que a ferramenta dos 5S se torne uma constante na rotina diária da fábrica. Para isso pode ser importante desenvolver auditorias e sistemas do tipo *checklists* e de ajudas visuais para garantir que os padrões são seguidos.

A ferramenta dos 5S ajuda a reduzir defeitos, proporciona menos aptidão para a ocorrência de acidentes, reduz custos e aumenta a produtividade.

Os 5S desenvolvem um melhor ambiente de trabalho, procurando torná-lo seguro, limpo e organizado, para proporcionar um trabalho de qualidade. Ações 5S resultam numa constante redução dos *mudas* e um aumento da eficiência dos colaboradores.

## 2.11 *Lead Time* e Tempo de Ciclo

Quando se analisa o fluxo de valor de uma organização são utilizadas várias métricas de desempenho para o efeito. Pinto (2009) considera que o *lead time* é o principal indicador quando se avalia o mapeamento do processo. No entanto, outras medidas como o *takt time* ou o tempo de ciclo são importantes na avaliação do desempenho da empresa. Para além de espelharem a situação da empresa, estes indicadores permitem balancear a linha para que seja possível atribuir tarefas a um conjunto de estações de maneira a que cada estação não tenha carga de trabalho superior ao tempo de ciclo definido, procurando, simultaneamente, a minimização do tempo livre em todas as estações (Chase, Jacobs e Aquilano 2006).

*Lead Time* – É o tempo requerido desde a entrada de material na fábrica até à saída do produto acabado para o cliente. O *lead time* é composto pelo tempo útil (como o tempo de processamento) mais o tempo não produtivo (como avarias, armazenamento, transportes ou *setups*).

Tempo de Ciclo – Corresponde ao tempo necessário de produção entre peças sucessivas e é definido pela estação (ou operação) mais lenta ou crítica. Esta estação é designada por estrangulamento (*bottleneck*) e é ela que dita o ritmo da linha, governa o *output* da mesma e define o volume dos *stocks* intermédios (Pinto 2009).

*Takt Time* – o *takt time* é um tempo de ciclo calculado em função da procura. Se a procura aumentar, o *takt time* tem de diminuir, e vice-versa. Para que seja possível ajustar o *takt time*, as empresas necessitam de introduzir flexibilidade nos seus processos e recursos, para que o termo não passe apenas de um conceito. Contrariamente ao tempo de ciclo, o tempo de *takt* é calculado com base na equação 2.1:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Procura}} \quad (2.1)$$

Uma linha balanceada é uma linha que se encontra equilibrada do ponto de vista da distribuição de atividades sequenciais em estações de trabalho, com o intuito de maximizar a utilização dos equipamentos e dos recursos humanos, minimizando o tempo de inatividade (Monks 1987). O balanceamento da linha deve seguir a ordem correta das atividades, respeitando o *takt time*. Nesse sentido é possível obter o número mínimo teórico de trabalhadores necessários na linha para respeitar a procura dos clientes, através da equação 2.2:

$$\text{Número teórico de trabalhadores} = \frac{\text{Tempo de processamento}}{\text{Takt Time}} \quad (2.2)$$

## 2.12 KPI (Key Performance Indicator)

Numa empresa é necessário dispor de dados concretos e reais que permitam aos responsáveis tomar as melhores decisões (Pinto 2009).

Não é possível gerir o que não é controlado, e por sua vez não é possível controlar se não for mensurado. Nesse sentido surge o termo *key performance indicator*. O indicador de desempenho é importante porque permite identificar o desfasamento entre as *performances* atuais e as desejadas pela empresa e fornece indicação no sentido de eliminar essas lacunas (Weber e Thomas 2005).

Um indicador de desempenho é um dado quantificado que mede a eficácia total ou de parte de um sistema relativamente a uma métrica, um plano ou um objetivo que deverá ser definido e acordado, no quadro de uma estratégia global (Courtois, Martin-Bonnefois, e Pillet 1996).

Os *KPI* podem ser operacionais, financeiros, ou de outro tipo, dependendo do objetivo que se pretenda. Algumas das métricas mais utilizadas, ao nível das operações, são a eficiência, a disponibilidade, a ocupação, o *OEE* (*Overall Equipment Efficiency*), a rotação de *stocks*, o *cycle time* ou o *lead time*, entre outras.

### 2.12.1 Definição de *KPI* na Renault

Todos os anos a Renault Cacia reflete sobre o seu estado atual e define quais os objetivos a atingir no próximo ano, a que designa por “*Want-to-be-condition*”. Para tal, é construída uma ferramenta de apoio, “As Quatro Caixas”. Na primeira caixa estão contidos todos os indicadores de desempenho utilizados pela empresa e os respetivos resultados atuais. Na segunda indica-se os valores dos indicadores que se pretendem atingir no próximo ano. Na terceira descreve-se o sistema industrial atual, de onde, resultam os resultados apresentados na primeira caixa. O quarto quadrante ilustra o sistema pretendido para o próximo ano, que evidencia o contributo de cada indicador para esse resultado e permite estabelecer objetivos para as ações a realizar, para se alcançar os resultados da segunda caixa. O sistema industrial é classificado avaliando os mecanismos de transferência, os mecanismos de transformação e os mecanismos de gestão. Ainda que o diagrama das quatro caixas seja bastante extenso e complexo, na Figura 9 é possível observar o seu funcionamento, bem como alguns exemplos de indicadores avaliados e seguidos pela Renault.

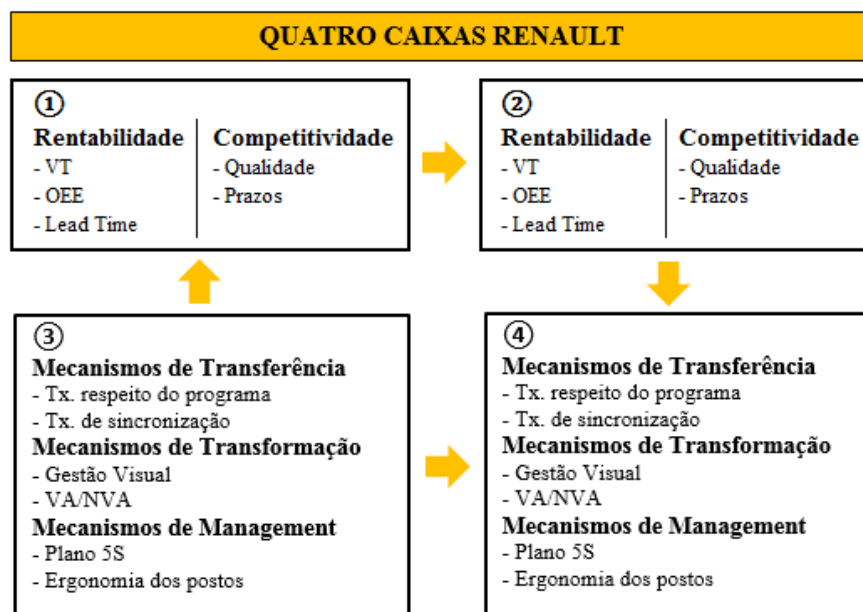


Figura 9 – As Quatro Caixas Renault

Depois de elaboradas as quatro caixas a empresa e os seus colaboradores sabem de forma clara qual o sentido que todos devem seguir para alcançar os resultados. Neste sentido são criadas equipas de trabalho transversais a todos os departamentos que avaliam e estudam possibilidades de melhoria em todas as áreas dentro de uma linha de produção.

### 2.13 Ferramentas de diagnóstico *SPR*

Para realizar diagnósticos é necessário muito tempo em observações dos processos, bem como em medições de tempos de execução de tarefas. Privilegia-se a participação e intervenção por parte dos operadores, uma vez que são eles quem melhor conhece os trabalhos que realizam diariamente. São, portanto, um importante e poderoso foco de obtenção de boas ideias.

De seguida apresentam-se alguns diagnósticos aplicados pelo SPR:

- i. **Análise Valor Acrescentado/Não Valor Acrescentado (VA/NVA)** – A análise VA/NVA é utilizada para se obter a percentagem de atividades de valor acrescentado relativamente às de não valor acrescentado. Nesta análise todos os postos de trabalho são observados e é registada a tarefa que o operador está a realizar. São criados vários grupos de observação e são definidos os critérios de análise aos movimentos dos trabalhadores, bem como o número de registos de observações por posto.
- ii. **Número de Ilhas *Engagement*** – Este diagnóstico pretende quantificar o número de ilhas de trabalho. Denominam-se ilhas as células de montagem ocupadas por trabalhadores sem que haja obstruções nos percursos que tenham que realizar e sem que as distâncias a percorrer sejam consideradas grandes demais. As ilhas *engagement* permitem refletir sobre o *layout* implementado numa linha de produção, isto é, caso o número de ilhas seja elevado e a cadência de produção sofra alguma queda, os operadores aumentam a sua percentagem de inatividade pois devido à disposição física da linha não é possível ajustar os trabalhadores aos diferentes postos de trabalho sem deslocamentos excessivos. Um *layout* com apenas uma ilha possibilita o ajustamento do número de trabalhadores, em função da produção, realizando deslocamentos reduzidos entre os postos.
- iii. **Diagnóstico ferramentas à mão (*Tool Change Ninja Eye*)** – Este diagnóstico foca-se na análise VA/NVA, da troca de ferramentas. O seu objetivo é a procura de oportunidades de melhoria ao nível dos movimentos, da ergonomia, do esforço e posturas do trabalhador. Para isso foram observadas mudanças de ferramentas e registados os princípios presentes no diagnóstico relativo a todas as referências de ferramentas envolvidas na maquinaria. Todos os princípios (“não esticar o braço”, por exemplo) têm associado uma perda temporal. Assim o *Tool Change Ninja Eye* permite verificar a ferramenta que mais penaliza a nível temporal, aquando de uma troca, bem como a oportunidade total que poderia ser obtida na máquina analisada.
- iv. **Rácio Troca Frequenciais** – Este diagnóstico consiste na listagem de todas as máquinas dentro de uma UET e na recolha das ferramentas envolvidas nas atividades realizadas pelas máquinas. Depois de enumeradas todas as ferramentas acede-se à base de dados do *Centre de Gestion d’Outils* (C.G.O.)<sup>2</sup> e regista-se o histórico de peças realizadas com as últimas cinco ferramentas para a mesma referência. Tendo em conta a vida útil estipulada pelo fabricante da ferramenta e a média das peças realmente realizadas calcula-se uma fiabilidade da ferramenta. O objetivo deste diagnóstico é analisar a fiabilidade das ferramentas dando sequência a um estudo de possibilidade de trocas múltiplas de ferramentas, reduzindo os tempos envolvidos nessa tarefa.
- v. **Fluxos e Distâncias Internas** – Neste diagnóstico são observados os fluxos de material de posto para posto e calculadas as distâncias realizadas pelo operador dentro da UET. Este indicador realça uma das principais atividades de valor não acrescentado, que é o deslocamento.
- vi. **Operações não cíclicas** – As operações não cíclicas são um foco de não qualidade. Estas operações envolvem a paragem do ritmo de trabalho para realização de atividades pontuais, de valor não acrescentado. Todas estas operações envolvem perdas temporais e causam variabilidade no processo. Atividades logísticas ou transporte de materiais podem ser alguns exemplos de atividades consideradas não cíclicas.

---

<sup>2</sup> O C.G.O tem a função de gerir as ferramentas para todo o departamento. Este centro tem também as tarefas de abastecer as ferramentas às UET e de criar a base de dados relatando o número de peças realizadas e o motivo da substituição de cada ferramenta.

### 3 Melhoria na linha da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável

Nesta seção é descrita a problemática e os objetivos pretendidos com a implementação de ações LEAN na linha da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável (BOCV).

A BOCV é um novo produto, atribuído em 2013 para produção na fábrica Renault Cacia. Esta bomba adapta-se ao regime do motor, daí a cilindrada variável, permitindo reduzir os consumos e emissões de CO<sup>2</sup>. No Anexo 1 é possível observar a vista expandida da BOCV. A BOCV destina-se a equipar veículos como Mégane, Scénic, Fluence, Lodgy, Latitude, Koleos, Laguna, Escape, Clio IV, Captur, Trafic (Renault) e Qashqai, X-Trail, Primastar, Interstar (Nissan).

#### 3.1 Estado Atual da Linha

Nesta linha são fabricadas duas bombas de óleo distintas, a de tipo Hxx e a de tipo Rxx (Anexo 2), sendo que o *mix* de produção é de 70/30, respetivamente.

A procura pela bomba de óleo é maior do que a oferta, o que faz com que toda a quantidade produzida seja vendida ao cliente. Neste sentido, a Renault pretende reduzir o tempo de ciclo da linha, para consequentemente, aumentar a produção e melhor satisfazer os seus clientes (Figura 10).

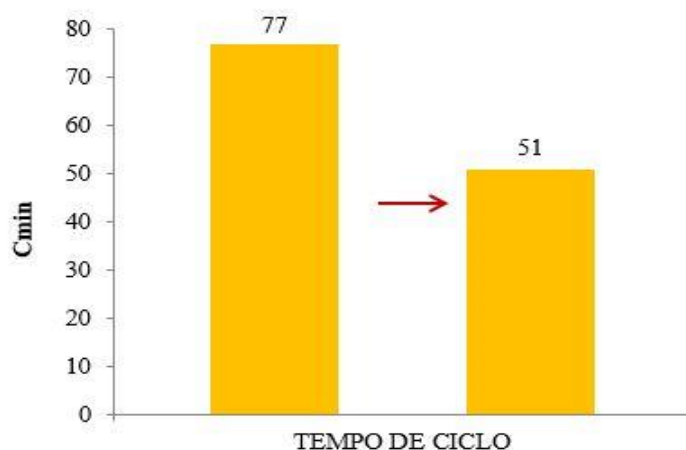


Figura 10 – Objetivo Tempo de Ciclo da linha da BOCV Hxx

Atualmente a linha tem uma capacidade de montagem, por turno, de aproximadamente 500 bombas Hxx e 425 unidades do tipo Rxx, o que equivalem a cerca de 1500 e 1260 BOCV por dia, respetivamente. Estes cálculos são efetuados tendo como base um OEE de montagem de 88%.

Assim ficou estipulado como objetivo uma redução do tempo de ciclo atual da BOCV Hxx, de 75 cmin, para 51 cmin.

Esta UET é uma linha mista, ou seja, envolve maquinação e montagem e fazem parte da equipa de trabalho:

- i. Um chefe da linha (CUET);
- ii. Um condutor de linha;
- iii. Cinco trabalhadores (4 na montagem e 1 na maquinação).

A maquinação dos brutos é realizada por quatro centros de maquinação (CNC) – 3 GROB's e 1 DMG Mori, sendo que duas delas são dedicadas à BOCV do tipo Hxx e as outras duas à maquinação da bomba tipo Rxx. No entanto apenas três máquinas se encontram na UET da BOCV, sendo que a última, dedicada à bomba tipo Rxx, funciona como *backup* e está instalada numa outra UET da fábrica (Figura 11). Cada máquina tem capacidade para maquinar dois corpos e duas tampas em cada ciclo de trabalho. A maquinação funciona a três turnos de oito horas por dia, cinco dias por semana e trabalha ainda durante o fim-de-semana com um turno de 12 horas por dia. Apenas um operário está encarregue pela maquinação.



Figura 11 – Zona de maquinação da UET da BOCV

A linha de montagem necessita quatro trabalhadores, auxiliados por um condutor de linha. O condutor de linha tem a tarefa de verificar o bom funcionamento da linha e resolver anomalias que surjam. A montagem é feita durante os cinco dias da semana durante três turnos diários de oito horas.

O tempo de ciclo da maquinação é superior ao tempo de ciclo da montagem pelo que é necessário maquinar também aos fins-de-semana (Tabela 1). Desta maneira é criado *stock* para suportar a montagem durante a semana. A gestão do *stock* é feita através do FIFO (*First In First Out*). É importante destacar que os processos de montagem são distintos quando se trata de uma bomba Hxx ou de uma bomba Rxx.

Tabela 1 – Tempos de ciclo da linha da BOCV

	Maquinação		Montagem	
	BOCV Hxx	BOCV Rxx	BOCV Hxx	BOCV Rxx
Tempo de ciclo	1,719 min	3,370 min	0,750 min	0,910 min
Objetivo de Produção	241 uni	121 uni	503 uni	425 uni
Tempo disponível	470 min		440 min	
OEE pressuposto	88%		88%	



Na Figura 12 representa-se o fluxo de operações a que os dois tipos de BOCV estão sujeitas.

A montagem é constituída por catorze postos, dos quais dois são 100% automatizados (OP70 e OP90) e outros dois apenas exigem carga e descarga por parte do operador (OP140 e OP130), os restantes são manuais.

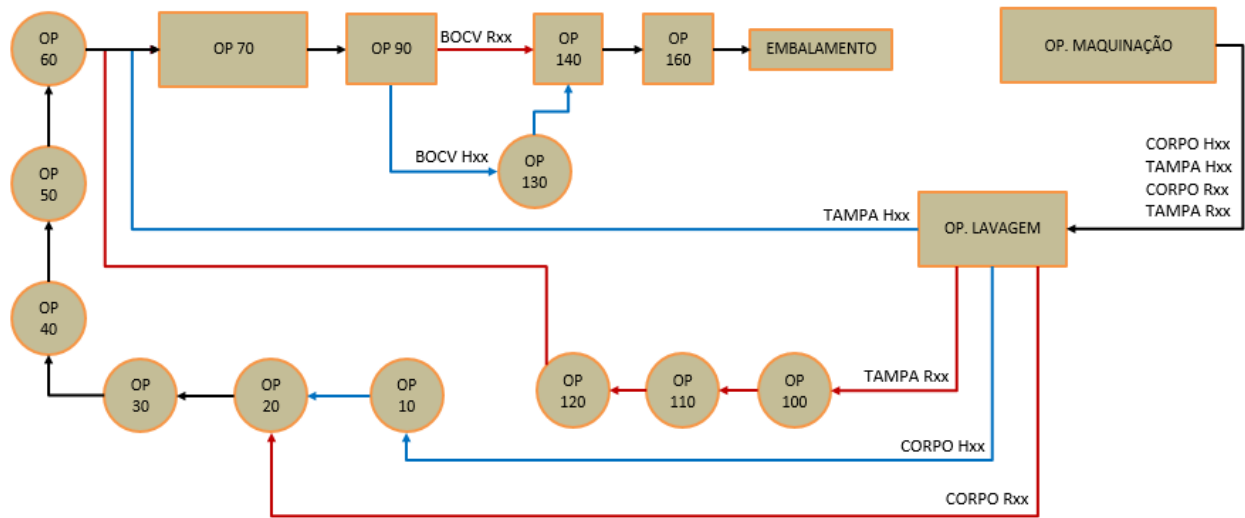


Figura 12 – Fluxo de Operações na BOCV

Como é possível observar, na montagem da bomba Rxx é necessário executar uma pré-montagem na tampa Rxx, que se realiza nas OP100, OP110 e OP120. Já no caso da bomba Hxx, a tampa maquinada não precisa de pré-montagem e está pronta para ser montada ao corpo da bomba Hxx na OP90. O início da montagem dos constituintes do corpo Hxx dá-se na OP10, ao contrário do corpo Rxx que inicia a sua montagem no posto seguinte, OP20. Por fim, e após a montagem do corpo e seus constituintes na respetiva tampa (OP90) a BOCV Hxx exige ainda uma passagem pela OP130 para a montagem da válvula ON/OFF, enquanto a BOCV Rxx segue diretamente para a OP140, o banco de ensaios. No Anexo 3 é possível observar o que acontece em cada estação de trabalho.

O processo começa com a colocação das peças brutas (corpos R e H e tampas R e H) no CNC. Após a operação de maquinação, o operador verifica o estado das peças e coloca-as na paleta da maquinação onde seguem num tapete automático (Figura 13) em direção à operação de lavagem. De seguida o controlador de linha realiza uma segunda inspeção visual às peças e após validação estas são colocadas dentro de contentores (*BAC's*) próprios. Nesta situação é utilizado o recurso à gestão visual, sendo que os *BAC's* para guardar as peças maquinadas são de cores diferentes caso sejam tampas H ou R ou corpos H ou R. Quando são acumulados quatro contentores, cada um com capacidades diferentes dependendo da referência da bomba, estes são transportados manualmente num carrinho para a zona de *stock* (Figura 14).



Figura 13 – Paletes da maquinação no tapete automático e *BAC* de corpos Hxx maquinados



Figura 14 – Zona de *stock* com recurso à gestão visual



De seguida, dependendo da ordem de produção e seguindo a regra FIFO, são levados para a linha de montagem os carrinhos com os corpos, para o posto de trabalho nº 10 ou 20 e as tampas, que ficam numa estante a seguir à OP.60 no caso da tampa tipo H ou são levadas para o posto 100 onde irão iniciar a sua montagem no caso das tampas R.

No caso da BOCV Hxx, o corpo da bomba de óleo inicia a sua montagem na operação 10 e continua até à operação 60, onde se vai encontrar com a tampa. A partir deste ponto, o corpo montado, a tampa, um monobloco e um rotor são colocados na paleta da montagem final (Figura 15) que segue num tapete, em circuito fechado, onde é continuada a montagem sem a intervenção do operador (OP70/90). Após a operação 90, o operador retira a bomba montada da paleta e coloca a válvula ON/OFF na BOCV Hxx (OP130). Para terminar o seu percurso a BOCV passa no Banco de Ensaio (OP140), onde são realizados ensaios e é verificada a conformidade da bomba. Por fim, a OP160 consiste na marcação *DATAMATRIX*, marcação essa que permite ao cliente saber o número de série e o produtor, bem como a hora e o dia a que a BOCV foi produzida. Antes da operação de embalagem o operador realiza uma série de controlos visuais para confirmar o bom estado da bomba. Depois de todas estas etapas, a BOCV é colocada num *BAC*, preparado anteriormente com um termoformado, pelo mesmo operador do posto. Este contentor tem capacidade para 8 bombas. Por fim, o operador transporta a base rolante, com um lote de 160 unidades de produto final, para o limite da UET e leva para junto do último posto uma nova base rolante vazia (Figura 16). Neste processo de montagem estão envolvidos quatro trabalhadores.

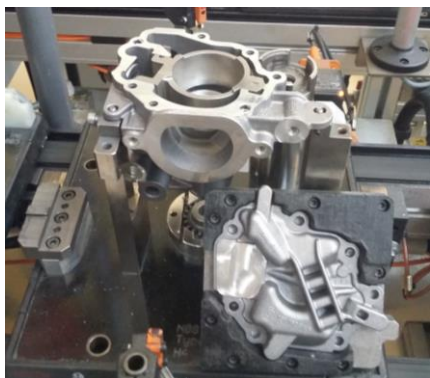


Figura 15 – Paleta da montagem final



Figura 16 – Transporte da base rolante de produto acabado para limite da UET

Na montagem da BOCV Rxx é necessário que o controlador de linha também ajude pois esta bomba exige o trabalho em mais dois postos do que a bomba H. Isto sucede porque a tampa precisa de uma prévia montagem antes de ser unida ao seu corpo. A necessidade de montar a tampa R resulta num aumento do tempo de ciclo e numa menor capacidade de produção desta referência quando comparada com a bomba do tipo H. No Anexo 4 demonstra-se o fluxo físico dentro da linha. É possível através deste diagrama analisar todos os fluxos dos componentes envolvidos na montagem bem como a quantidade de manipulações que exigem até chegarem ao posto de montagem.

Todos os postos de montagem possuem um leitor ótico de código de barras, onde se realiza a *zipagem*, e é colocada uma etiqueta em todos os corpos Hxx e Rxx e tampas Rxx, antes do início da sua montagem. Isto serve para rastrear as peças posto a posto e garantir que nenhuma peça não realize o seu percurso normal.

A UET está devidamente documentada, no sentido que existem em todos os postos de montagem e de maquinaria as folhas de operação *standard* e os planos de manutenção autónomos. Existe ainda junto da zona de maquinaria a ficha de anomalia que será

preenchida após troca de ferramentas, detalhando o número de peças realizadas e o motivo da mudança.

Através da Figura 17 é possível entender a disposição física da UET.

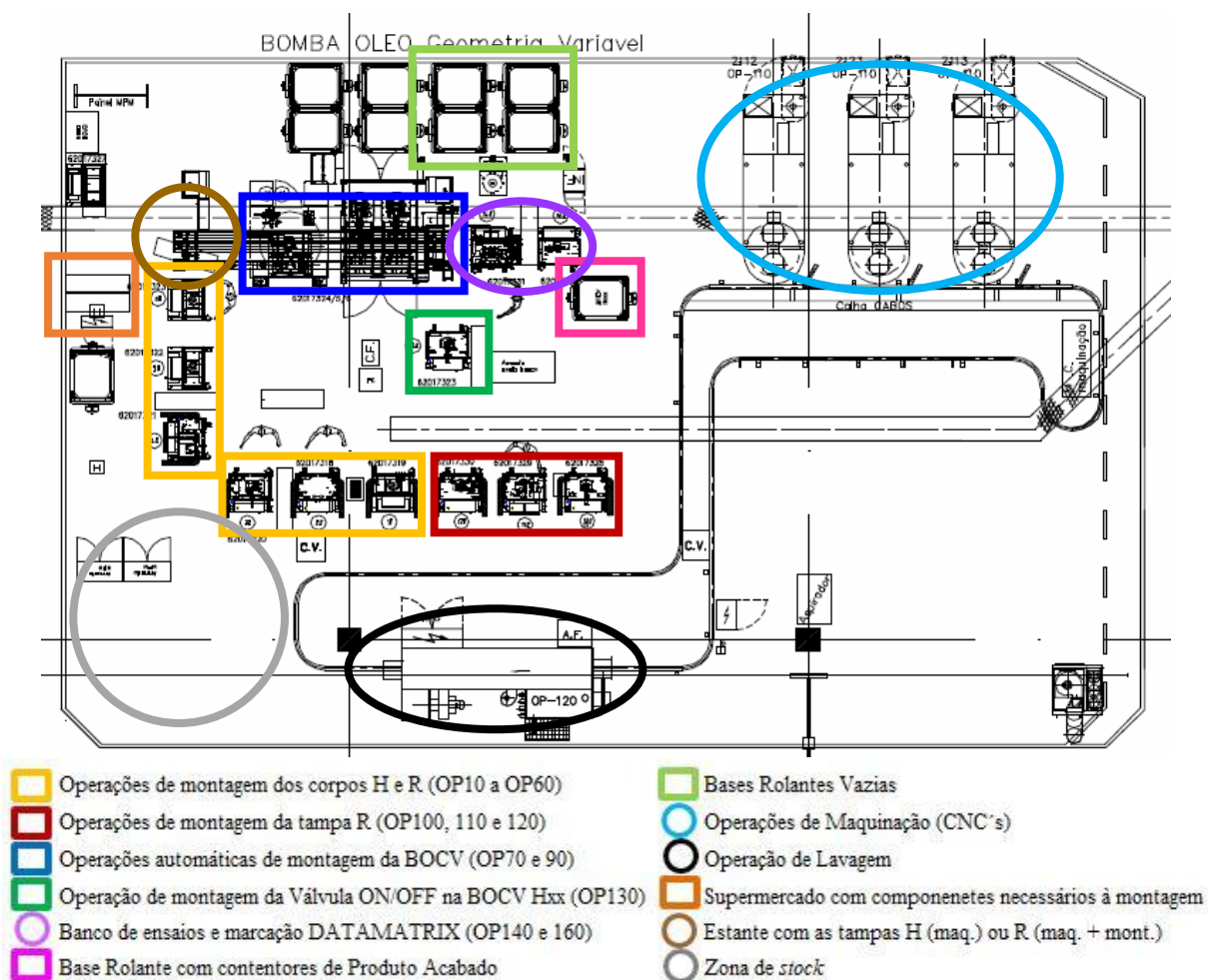


Figura 17 – Implantação da linha de produção do BOCV

No que toca aos abastecimentos dos materiais necessários para a produção da bomba, cabe à logística garantir que nada falte na hora da montagem. Para isso a logística tem rotas definidas de passagem na UET da BOCV. A logística prepara no armazém, no início de cada turno, uma base rolante com todas as pequenas embalagens de peças utilizadas na BOCV, que são abastecidas de duas em duas horas. São preparadas também mais duas bases rolantes com as grandes embalagens (os corpos brutos e as tampas brutas para maquinação) que são repostas com uma autonomia suficiente para se realizar apenas um abastecimento por turno. As três bases rolantes são atreladas a uma *charlatte* (trator que conduz o comboio logístico) que é conduzida pelo operador logístico até à UET, o chamado comboio logístico. Chegado à linha de produção o operador do comboio logístico sai da *charlatte* e abastece a linha manualmente. Os abastecimentos são realizados de duas formas diferentes, ou em tubos que entram diretamente no bordo de linha, normalmente associados a abastecimentos de pequenos elementos (parafusos, por exemplo) ou em estantes, denominadas por supermercado. O supermercado encontra-se mais afastado do posto de trabalho pelo que é o operador da linha que se desloca e que abastece o posto de montagem consoante as necessidades. Na sequência da análise do estado atual da logística analisaram-se todos os pontos de abastecimento da linha, bem como as peças abastecidas e as quantidades de cada lote.

### 3.2 Diagnósticos

No seguimento da definição do estado atual da linha de produção foram realizados diagnósticos para ajudar a perceber o verdadeiro ponto da situação. Nesta ótica foram aplicados os diagnósticos apresentados no capítulo 2 que melhor se enquadravam na situação da linha. Algumas análises foram apenas realizadas aquando da produção de Hxx, pelo que qualquer melhoria nesta referência é refletida também na referência Rxx, no caso de operações e condições comuns. É importante destacar que as análises realizadas apenas tiveram como foco a linha de montagem.

Nesta seção apresentam-se os resultados obtidos dos testes realizados.

#### i. Nível de *Engagement*

Esta análise serviu para verificar qual o nível de rendimento de cada operador dentro da linha de montagem (Figura 18). A linha de 75 cmin representa o tempo de ciclo da UET e o tempo abaixo do qual as tarefas tem de ser desempenhadas para conseguir atender ao pedido do cliente. Este diagnóstico permite refletir sobre o número de MOD's e de que forma as tarefas podem ser distribuídas entre eles. Para isso foram cronometrados os tempos manuais despendidos nos postos de montagem, bem como nas deslocações realizadas no momento da montagem (Anexo 5). O rendimento global dos operadores nesta linha é de 73%.

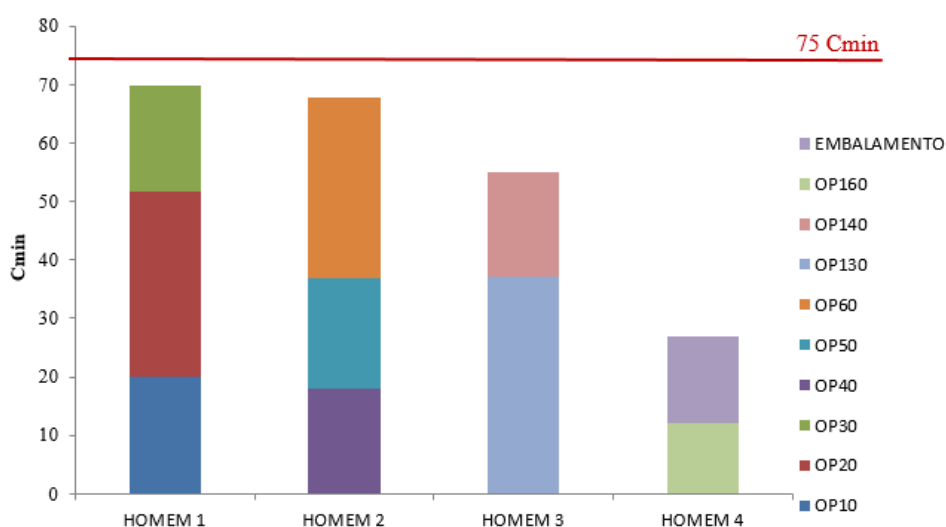


Figura 18 – Nível *Engagement* dos Operadores na BOCV Hxx (antes)

#### ii. Análise VA/NVA

Antes da realização desta análise foi necessário estabelecer os critérios da avaliação. Desta forma, teve-se em atenção a velocidade das tarefas realizadas pelo operador bem como os momentos pontuais de paragem da linha por qualquer tipo de anomalia. Apenas se consideram atividades de valor acrescentado as atividades que estejam inteiramente dedicadas à montagem de componentes, como pegar e montar uma peça ou apertar parafusos. No momento da análise era a BOCV Hxx que estava a ser produzida e foram registadas cerca de 30 observações por posto de montagem. No Anexo 6 consta o formulário de preenchimento durante a observação.

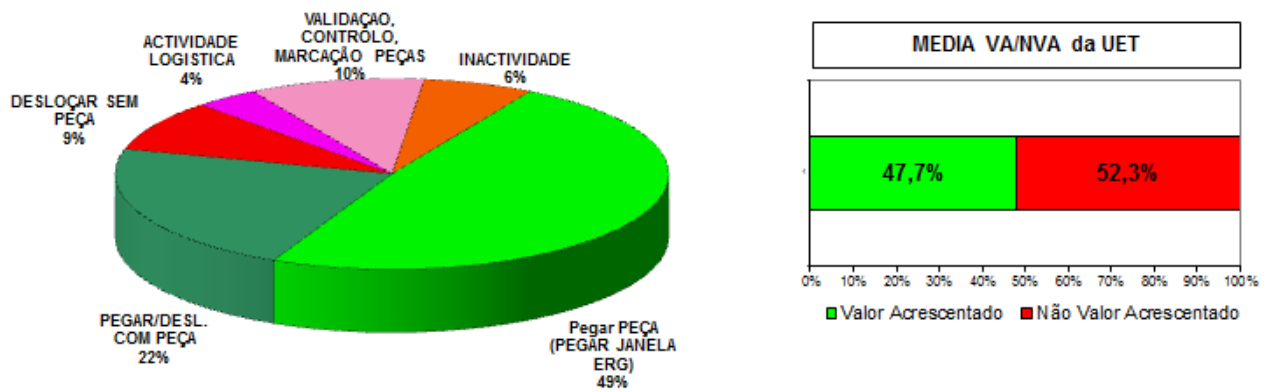


Figura 19 – Distribuição de atividades na linha de produção da BOCV (antes)

Esta análise, para além de permitir conhecer a distribuição das atividades realizadas dentro da UET (Figura 19), permite também observar quais os postos de maior percentagem de atividades com valor não acrescentado, ajudando a perceber o balanceamento das tarefas (Figura 20).

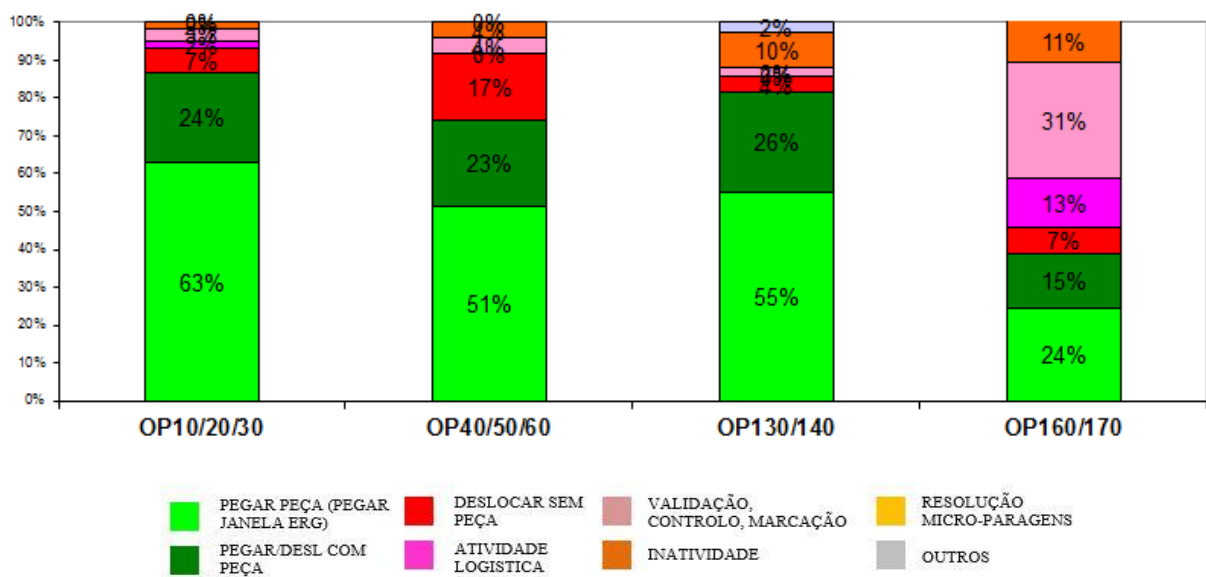


Figura 20 – Repartição de atividades por posto na linha de produção da BOCV (antes)

### iii. Número de ilhas *Engagement*

As ilhas, conforme já foi explicado, espelham a flexibilidade, ou falta dela, que o *layout* implantado proporciona na montagem. Nesta linha é possível identificar dois tipos de ilhas, as de maquinação e as de montagem. Apenas se analisou as ilhas de montagem pois a maquinação está otimizada a esse nível, apenas possui um operador a trabalhar com as três máquinas presentes na linha.

Após a análise a este diagnóstico ficou inerente a possibilidade e a necessidade de melhorar este indicador. No Anexo 7 é possível analisar a implantação atual desta linha. Na Figura 21 apresenta-se a distribuição das ilhas de montagem dentro da UET.

A diferença do número de ilhas entre a produção de Hxx ou Rxx está relacionada com os postos de montagem que cada bomba de óleo exige. Basicamente, a BOCV Rxx requer trabalho nos primeiros três postos, ao contrário da bomba Hxx.

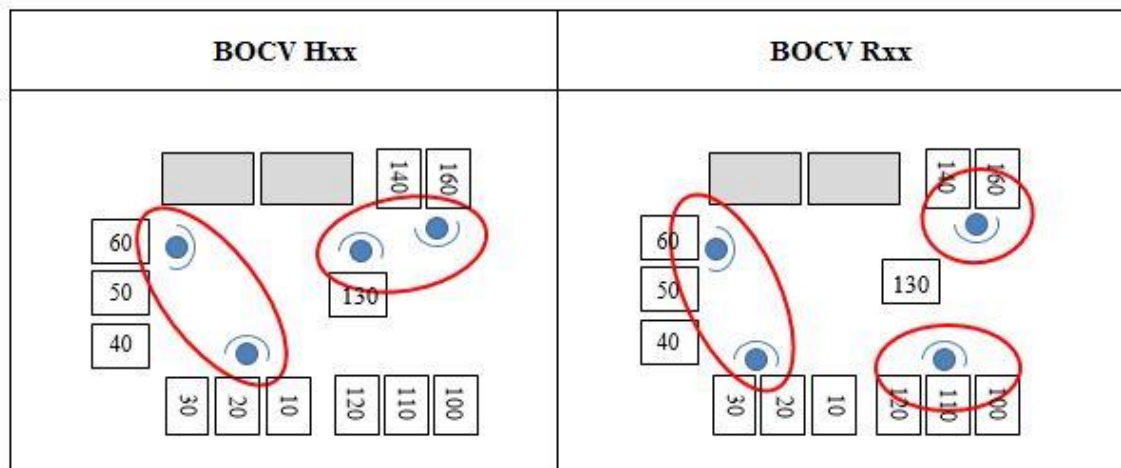


Figura 21 – Número de ilhas *Engagement* (antes)

#### iv. Operações não cíclicas

Após a observação de todas as operações não cíclicas realizadas na UET, estas foram registradas e contabilizou-se o número destas operações. É importante destacar que a eliminação deste tipo de atividades é fundamental quando se procura ganhar o tempo despendido nas atividades de valor não acrescentado. Nesta análise registaram-se apenas as operações realizadas pelos operadores da linha, desprezando os abastecimentos não cíclicos efetuados pelos operadores logísticos.

Algumas das atividades realizadas pelos operadores que foram observadas estão relacionadas com o transporte manual de um lote de corpos ou tampas, ou com o manuseamento de embalagens. Nos Anexos 8 e 9 apresentam-se as listas completas de atividades não cíclicas realizadas na produção da BOCV Hxx e Rxx, respetivamente. Na Tabela 2 apresentam-se o número das operações não cíclicas contabilizadas para os dois tipos de bombas de óleo de cilindrada variável.

Tabela 2 – Número de operações não cíclicas (antes)

BOCV Hxx	BOCV Rxx
379	613

A discrepância verificada nas operações não cíclicas dos diferentes tipos de bombas está diretamente relacionada com as atividades realizadas no último posto de montagem, mais precisamente no embalamento do produto final e com o transporte da tampa R da montagem da OP120 para a estante antes da OP70.

De referir que o tipo de embalagem final depende do tipo de bomba que se está a produzir, que depende diretamente do pedido do cliente. A BOCV Hxx necessita apenas de um BAC e de um termoformado, que acondiciona a bomba como é necessário, não permitindo que bomba vibre na sua viagem até ao cliente destino. Já a



BOCV Rxx requiere um *BAC*, um termoformado de plástico e dois filmes de plástico a proteger a bomba, um por cima e outro por baixo. Este acondicionamento é necessário porque os termoformados não são iguais, e no último caso, existia muito atrito entre a BOCV Rxx e o termoformado, danificando as duas partes. Nesta operação, por turno, o operador realiza aproximadamente mais 200 movimentos não cíclicos na bomba Rxx quando comparada com a bomba Hxx.

Uma vez que o tempo de ciclo da montagem da tampa é superior ao tempo de ciclo da montagem do corpo, o operador que coloca os elementos na paleta para seguirem para a montagem final da bomba de óleo, tem que se deslocar ao fim da linha de montagem da tampa e trazer o *BAC* com as tampas prontas. Como existe alguma variabilidade na montagem da tampa, por não existir um modo operatório bem definido e por frequentemente ter sido observado o condutor de linha a ajudar na montagem definiu-se que o lote transportado seria de 15 tampas de cada vez, tendo ainda assim sido observado por uma vez transporte apenas de 5 tampas, o que faria aumentar ainda mais o número de operações indesejáveis.

#### v. Fluxos e Distâncias Internas

Este diagnóstico pretendeu enfatizar as deslocações efetuadas pelos operadores durante um turno. Os deslocamentos são um tipo de desperdício que é importante eliminar, pois o tempo que um operador despende em deslocações é o tempo que está a perder na linha de montagem. Foram portanto medidas as distâncias percorridas desde que o operador abandona o posto até que regressa ao mesmo. No Anexo 10 é possível verificar todos os fluxos que requerem deslocamentos, bem como as distâncias.

Na Tabela 3 estão contabilizados o número total de metros que o trabalhador percorre, durante um turno, na produção das diferentes bombas de óleo.

Tabela 3 – Distâncias internas percorridas pelo operador (antes)

BOCV Hxx	BOCV Rxx
861 metros	1236 metros

Mais uma vez a justificação encontrada para a diferença de distâncias percorridas dos dois tipos de bombas está na necessidade de transportar as tampas montadas para o local onde se irá efetuar a montagem final da bomba.

### 3.3 Soluções propostas e implementadas

Após os diagnósticos iniciais realizados foram definidas várias ações de melhoria de forma a minimizar ou mesmo eliminar os problemas descritos anteriormente. Os processos de decisão foram transversais a todos os departamentos e todas as etapas de análise e reflexão foram realizadas em total clima de integração.

Conforme foi referido no início do capítulo, era objetivo interno, por questões concorrenciais, o aumento da capacidade produtiva desta linha. Sabendo que o atual *bottleneck* da linha era a operação 140, o banco de ensaios, e que se pretendia atingir um tempo de ciclo de 51 cmin, foram estudadas formas de diminuir o tempo de passagem da bomba por aquele posto.

Através dos diagnósticos realizados à UET ficou também inerente a necessidade de uma mudança de *layout* que permitisse reduzir o número de ilhas *engagement* e os desperdícios relacionados com as atividades de valor não acrescentado, tornando a linha mais flexível e aumentando o nível de desempenho dos trabalhadores.

Foi também realizada, paralelamente, uma análise posto a posto no sentido de identificar melhorias com objetivo de diminuir os tempos de ciclo por posto e libertar o operador para outras atividades. No final da análise e de diversas reuniões entre a Engenharia, a Fabricação e o SPR foram encontradas algumas ações de melhoria e, decidiu-se ainda, que iriam ser automatizados dois postos de trabalho (OP60 e OP130).

De seguida destacam-se as ações planeadas:

**i. Colocação dos mecanismos de leitura ótica dentro do posto de trabalho**

Esta ação teve em vista a eliminação do tempo de *zipagem* nos postos em que o mecanismo está presente. O operador, depois de transportar a bomba para o posto seguinte coloca-a em frente do mecanismo e aguarda a leitura do código da etiqueta, só de seguida é que coloca a bomba dentro do posto. Com a colocação do leitor no posto o operador limita-se a colocar a bomba dentro do posto e a leitura realiza-se sem que este tenha que aguardar para realizar novas tarefas. Esta ação permitiu obter ganhos de cerca de 1 cmin por posto.



Figura 22 – Mecanismo de *zipagem*

**ii. Automatização da abertura e fecho da porta dos Bancos de ensaios (OP140)**

Esta medida teve o objetivo de reduzir o tempo de ciclo do posto para que o operador que o realiza não ficasse muito saturado e conseguisse responder ao tempo de ciclo definido pela linha. Assim, quando o operador chega ao banco de ensaios não necessita nem de abrir a porta para colocar a bomba, nem de fechar a porta para retirar a bomba. A porta abre automaticamente após terminar o seu ciclo de trabalho e fecha após deteção da colocação da bomba no posto. Esta ação permitiu obter um ganho de aproximadamente 4 cmin na OP140.



Figura 23 – Abertura e fecho manual da porta OP 140

### iii. Criação de um tapete para expedição

Ainda no sentido de libertar o último homem da linha, no local do embalagem da bomba foi criado um tapete rolante que, através da gravidade, transporta o *BAC* para o limite da UET. Os *BAC's* ficam a aguardar a chegada do operador logístico que irá realizar as tarefas até então realizadas pelo operador de linha, como organizar os *BAC's* em cima da base rolante. O tapete, para além de permitir que o operador não abandone o seu local de trabalho, permitiu ainda eliminar a base rolante junto à OP160 e as bases rolantes que estavam no limite da UET. No Anexo 11 apresenta-se o tipo de tapete desenvolvido.



Figura 24 – Tapete para expedição

No que diz respeito às automatizações, a OP60 consistia na montagem de um elemento, o eixo rotor, que de seguida ira ser colocado, pelo operador, na paleta da montagem final. Constatou-se que este posto de trabalho representava uma interrupção na montagem da BOCV, uma vez que depois da montagem do corpo e da tampa, era necessário a montagem do eixo rotor. E como tal essa tarefa poderia ser desempenhada por um posto de montagem automático, abastecido por um novo *robot*. O abastecimento do eixo longo e do rotor cabe ao operador logístico que, em vez de abastecer os componentes no supermercado passará a abastece-los diretamente no *robot*, nos circuitos logísticos de 2 em 2 horas. O novo *robot* terá 3 tarefas:

- i. Carga do eixo e do rotor no posto;
- ii. Descarga do eixo rotor do posto;
- iii. Colocação do eixo rotor na zona de colocação das palhetas no mesmo.

A terceira tarefa do novo *robot* era anteriormente realizada pelo *robot* da OP70. Este novo procedimento possibilita uma redução do tempo de ciclo da OP70, de 0,67 cmin, para 0,51 cmin. Importa destacar que a OP70 era o segundo *bottleneck* da linha.

A OP130 era onde se realizava o aparafusamento da válvula ON/OFF na BOCV Hxx. As atividades neste posto consistiam na retirada da válvula ON/OFF, juntamente com dois parafusos, do bordo de linha e a colocação da válvula ON/OFF na BOCV Hxx. De seguida, o operador limitava-se a segurar uma aparafusadora, atividade essa que despendia a maior percentagem de tempo neste posto. Neste sentido optou-se por eliminar o posto de trabalho e colocar uma aparafusadora automática depois da OP90. Assim, quando o operador está a construir a paleta da montagem final terá, com a nova implantação, que colocar a válvula ON/OFF também na paleta e o seu aparafusamento dar-se-á numa operação automática.

Atingindo o tempo de ciclo pretendido no segundo *bottleneck* da linha, o estrangulamento continua a ser o banco de ensaios. Desta forma, existem duas opções para solucionar a questão:

- i. Decompor a gama;
- ii. Duplicar o posto de trabalho.

A primeira opção, a decomposição da gama, consiste em dividir as tarefas realizadas pelo posto em dois postos, isto permite reduzir o tempo de ciclo do posto e aumentar a percentagem de peças realizadas. Contudo esta opção traz desvantagens, como por exemplo, se um banco avariar implica a paragem da linha e exige mais manipulações por parte do



operador (números de cargas e descargas elevadas). A segunda opção, mais fácil mas também mais dispendiosa consiste simplesmente em duplicar o equipamento *bottleneck* conseguindo uma diminuição do tempo de ciclo ainda maior. Nesta situação, em caso de avaria de um dos bancos a linha não para e o operador fica com maior disponibilidade pois são necessários menos manuseamentos de peças.

Tendo em conta o objetivo de tempo de ciclo, optou-se pela segunda alternativa. Nos Anexos 12 e 13 apresentam-se os cálculos que justificaram a decisão de duplicar o banco de ensaios.

Com o novo tempo de ciclo atingido, será possível aumentar a produção. Conforme se pode observar na Figura 25, os valores diários da capacidade de produção passarão de 1500 para 2270, no caso da BOCV Hxx.

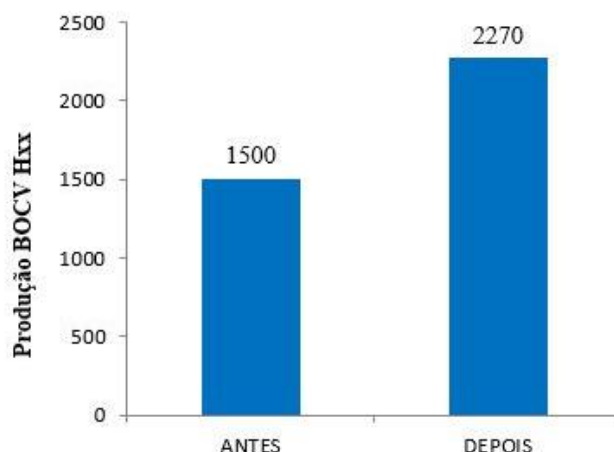


Figura 25 – Aumento da Produção da BOCV Hxx

Depois de todas as ações bem delineadas definiu-se o novo *layout* da linha da BOCV (Anexo 15). A nova implantação permitiu otimizar o espaço ocupado, passando a área utilizada de 100m<sup>2</sup> para 22m<sup>2</sup>, aproximadamente.

Foi tomada a iniciativa de alterar desde logo o *layout* da linha, ainda que apenas estivesse previsto para Agosto a colocação dos postos automáticos e da duplicação do banco de ensaios. Assim decidiu-se aproximar os postos de montagem do corpo deixando para já o posto 60 e o posto 130 no lugar que irá pertencer aos postos de montagem da tampa R e do novo banco de ensaios, respetivamente. Esta implantação foi designada de *layout* intermédio (Anexo 14).

Como consequência da mudança de implantação foi possível reduzir a quantidade de atividades de valor não acrescentado (Figura 26), eliminar várias operações não cíclicas (Figura 28), bem como reduzir as distâncias percorridas pelo operador durante um turno (Figura 29) e reduzir o número de ilhas. Estes novos diagnósticos foram aplicadas após um período de 1 mês de habituação ao *layout* intermédio.

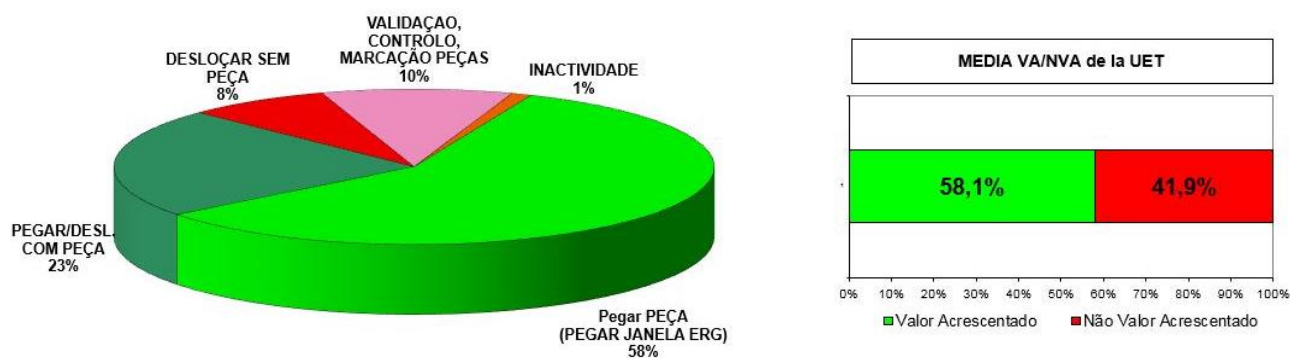


Figura 26 – Distribuição de atividades na linha de produção da BOCV (depois)

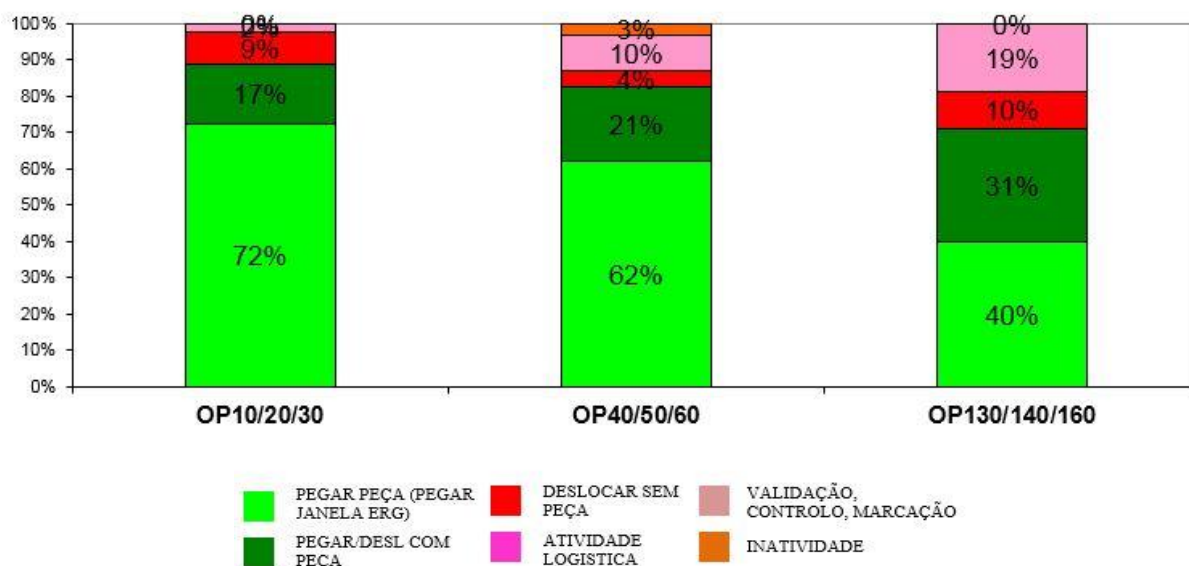


Figura 27 – Repartição de atividades por posto na linha de produção da BOCV (depois)

Comparando com a situação inicial, a mudança de *layout* trouxe um aumento de 10% na média global de VA/NVA da linha da BOCV. É visível que houve uma diminuição tanto dos deslocamentos como da percentagem de inatividade (Figura 27).

No que toca às distâncias percorridas dentro da UET foram ganhos por turno cerca de 250 metros, no caso da bomba Hxx e, aproximadamente, 700 metros na BOCV Rxx (Anexo 16). Quanto às operações não cíclicas reduziram-se cerca de 80 movimentos/turno na produção dos dois tipos de bombas distintas (Anexos 17 e 18). Estes ganhos estão diretamente relacionados com a automatização das OP60 e OP130, mais concretamente no caso das operações não cíclicas, mas a mudança de *layout* tem um papel preponderante na redução da distância percorrida, de forma mais acentuada na BOCV Rxx. Tal fato é derivado da colocação dos postos de montagem da tampa (OP100, OP110 e OP120) junto da zona onde se encontram com o corpo para se realizar a montagem final.

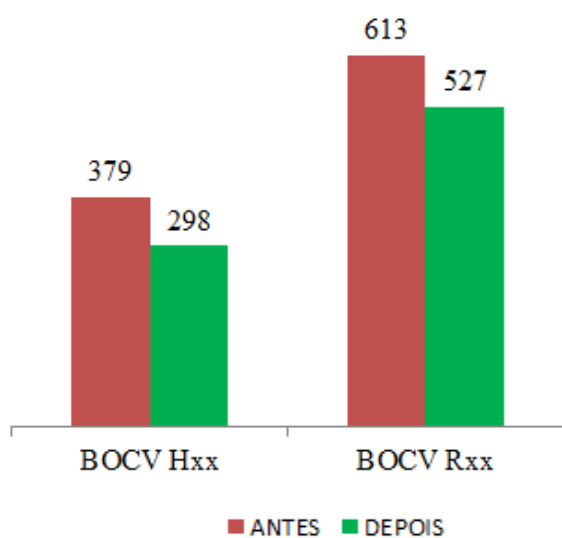


Figura 28 – Número de operações não cíclicas na linha da BOCV

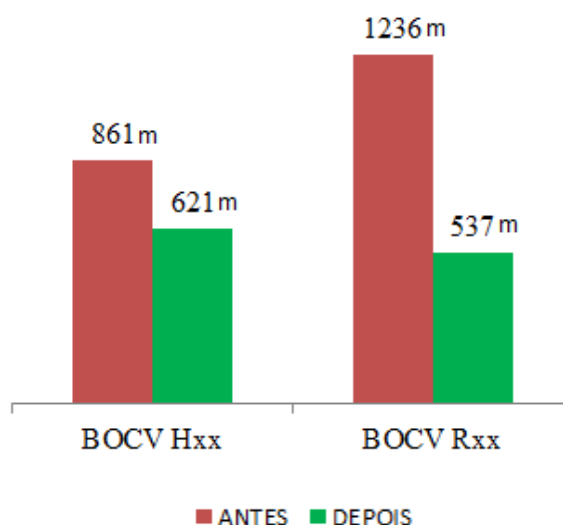


Figura 29 – Distâncias internas percorridas pelo operador na linha da BOCV

Quanto ao número de ilhas foi possível verificar uma redução, passando de 2 ilhas para 1 na BOCV Hxx e de 3 ilhas para 2 na bomba Rxx (Figura 30). Esta modificação torna os operadores dentro da linha mais flexíveis, aumentando a possibilidade de entreajuda na realização de tarefas.

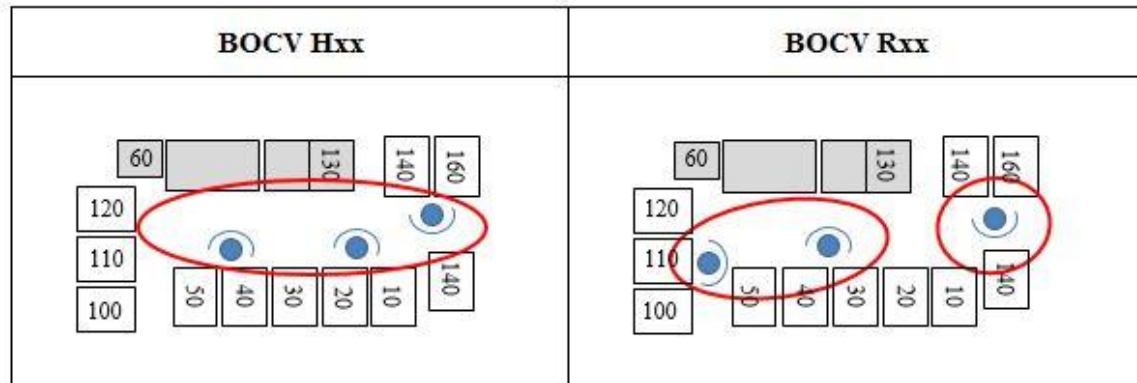


Figura 30 – Número de ilhas *Engagement* (depois)

Com todas as ações planejadas e realizadas na linha foi necessário voltar a cronometrar os tempos de execução das tarefas. O intuito foi desenvolver o novo nível de envolvimento entre os operadores. Assim, conforme se pode constatar, a partir do Anexo 19, o número teórico de trabalhadores na linha seria de:

$$N^{\circ} \text{ de Trabalhadores} = \frac{\sum(TTM + D)}{TC} \quad (3.1)$$

$$N^{\circ} \text{ de Trabalhadores} = \frac{144,2}{51} = 2,83$$

Onde:

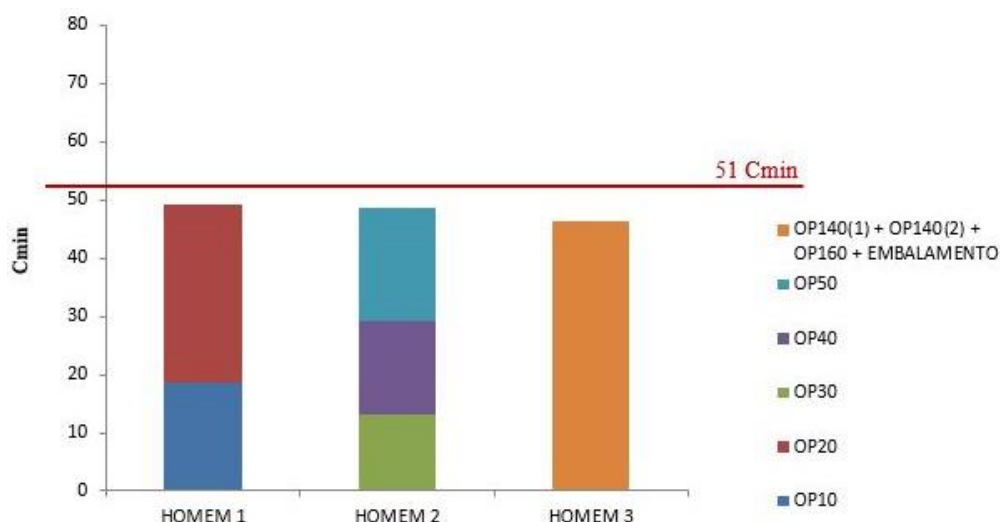
TTM, é o tempo das tarefas manuais

D, é o deslocamento e

TC, é o tempo de ciclo

Tendo em consideração a implantação final e as ações tomadas é possível concluir através da equação 3.1 que o número teórico de homens necessários para responder aos objetivos são 3. No entanto é necessário verificar se apenas 3 operários conseguem realizar todas as tarefas que lhes são pedidas, tomando como óbvio que uma tarefa não pode ser dividida ao meio, isto é, a tarefa tem de ser realizada na íntegra por apenas um homem. É importante referir, que por uma questão de segurança, estipula-se que cada homem deve, no mínimo, possuir 3% de inatividade.

Nesse sentido, surge a Figura 31, que espelha o nível de atividades dos homens, tendo em atenção todos os movimentos e deslocamentos realizados pelos operadores no novo *layout*.

Figura 31 – Nível *Engagem* dos Operadores na BOCV (depois)

Depois de elaborado o novo balanceamento das tarefas ficou evidente o ganho de um MOD nesta linha de montagem. O rendimento global dos operadores da linha passou de 73% para 94%.

Como resultado das alterações irá ser retirado um elemento de cada uma das três equipas e será construída uma quarta equipa para trabalhar aos fins-de-semana. Assim vai ser possível obter mais peças com os mesmos recursos humanos.

No sentido de acompanhar o aumento da capacidade de montagem da linha está prevista, para o final do ano 2015, a implementação de mais 3 centros de maquinaria na linha. Isto permitirá sincronizar as capacidades da maquinaria com a montagem.

Durante a análise minuciosa à UET foi identificada a necessidade de uma intervenção 5S às zonas de abastecimento logístico, mais concretamente nos tubos de pequenos componentes. Em conversa com o operador logístico percebeu-se que o reconhecimento dos tubos acontecia devido à experiência do operador e através de uns números que tinham sido escritos manualmente na tampa dos tubos, para além disso era visível o mau estado das etiquetas de identificação. Esta ação surgiu após uma identificação por parte de um trabalhador de um constituinte armazenado no tubo errado (Figura 32).



Figura 32 – Ação 5S nos tubos de abastecimento

Com esta ação, todos os tubos de abastecimentos ficaram totalmente identificáveis diminuindo consideravelmente a propensão para erros dos operadores logísticos.

Por fim, é possível concluir que a automatização das OP60 e OP130, a duplicação do banco de ensaios, a mudança de *layout*, e as ações pontuais aplicadas aos postos de trabalho, permitiram:

- i. Aumentar a flexibilidade da linha.
- ii. Reduzir os números de deslocamentos.
- iii. Reduzir o número de operações não cíclicas.
- iv. Otimização da área de fabrico.
- v. Diminuir a inatividade dos operadores.
- vi. Melhoria da ergonomia de alguns postos de trabalho.
- vii. Diminuição do tempo de ciclo da linha.
- viii. Aumento da capacidade produtiva.
- ix. Redução de 1 MOD por equipa e criação de uma nova equipa ao fim-de-semana.

## 4 Melhoria na linha dos Tambores

Outra linha em evidência no Projeto LEAN é a linha de produção dos tambores. Neste capítulo apresentar-se-á o estado inicial da linha, bem como os diagnósticos efetuados, e as ações realizadas e a realizar.

### 4.1 Estado Atual da Linha

Na UET dos tambores produzem-se duas referências diferentes, os tambores normais e os ventilados. A percentagem de produção dos dois tipos de tambores está na ordem dos 60/40, respetivamente. Todas as peças fabricadas são enviadas para outras fábricas Renault.

Tal como acontece na linha anterior, todas as unidades produzidas nesta linha são vendidas. Assim, quanto maior for a capacidade produtiva da linha mais produtos se venderão.

Nesta linha, ao contrário do relatado no capítulo anterior, a produção é inteiramente automatizada. Ou seja, não existem montagens nem qualquer tipo de operações manuais ao longo da transformação da peça bruta em produto final. A operação da UET é gerida por dois operadores e pelo chefe da UET (CUET). Na tabela 4 apresentam-se os valores diários da linha.

Tabela 4 – Tempo de ciclo da linha dos Tambores

Maquinação	
Tambores	
Tempo de ciclo	1,17 min
Objetivo de Produção	350 uni
Tempo disponível	470 min
OEE pressuposto	87%

Na montagem do tambor são adicionados três componentes: um freio, um rolamento e um *encoder*. No Anexo 20 é possível observar o desenho técnico do tambor bem como os seus três componentes.

O processo de fabricação dos tambores começa com o abastecimento à UET, por parte da logística, de um contentor de 65 unidades de peças brutas. De seguida um dos operadores abastece o tapete automático com o número máximo de tambores brutos que o tapete permite. Devido ao peso do bruto e facto do mesmo não vir na posição de entrada na linha, o operador realiza o abastecimento com o auxílio de uma “ponte” (Figuras 33 e 34).





Figura 33 – “Ponte” de auxílio ao abastecimento de brutos



Figura 34 – Brutos fora da posição de entrada na linha

Após esta intervenção, a peça bruta segue de máquina em máquina, em operações de torneamento, furação e roscagem. Depois segue-se a lavagem da peça e uma passagem pela equilibradora. De seguida o tambor vai para uma prensa onde os seus constituintes são montados com o auxílio de um *robot*. São os operadores que tem de garantir as peças no bordo de linha do *robot*. Antes de terminar o seu percurso e ficar a aguardar que um dos operadores chegue ao posto e realize a operação de embalagem, o tambor passa pela operação de pintura (Figura 35).



Figura 35 – Fluxo de Operações nos Tambores

Os operadores, tal como já foi referido, não intervêm diretamente na transformação do produto. As suas tarefas nesta UET são as seguintes, não obedecendo à ordem apresentada:

- i. Abastecimento de peças brutas ao início da linha;
- ii. Recolha e embalagem do produto final;
- iii. Substituição de pastilhas por desgaste das anteriores;
- iv. Abastecimento de pequenas embalagens ao *robot*;
- v. Resolução de eventual micro-paragens;
- vi. Realização do Plano de Manutenção Autónoma (PMA);
- vii. Realização de controlos pontuais;
- viii. Realização de controlos na máquina de medir Exameca.

Quando um operador realiza uma troca de ferramenta, de seguida tem que preencher uma folha, denominada de ficha de anomalia. Nesta ficha é descrito o porquê da troca e a quantidade de peças fabricadas com a ferramenta. Esta ficha segue para o C.G.O que trata da gestão das ferramentas.

Entende-se por controlos pontuais, inspeções realizadas de 50 em 50 peças, por exemplo, aos diâmetros dos tambores e às maquinações realizadas. Nesta etapa são realizados testes com calibres “passa/não-passa” (Figura 36) para verificar os diâmetros, espessuras e alturas da peça. Os controlos na máquina Exameca (Figura 37) são realizados sempre que se altera uma ferramenta da máquina. A Exameca realiza controlos muito mais precisos às tolerâncias e indica o desfasamento, ou não, das cotas medidas em relação às pretendidas. Os exames realizados na Exameca implicam a paragem momentânea da máquina sempre que nela foi mudada uma pastilha de corte. Isto acontece para que não sejam fabricadas peças não conformes enquanto se realiza o controlo Exameca.



Figura 36 – Testes do tipo “passa/não passa”



Figura 37 – Exameca

Os trabalhadores desta unidade não possuem nenhum modo operatório, realizando as tarefas em função das necessidades da linha. Na Figura 38 pode-se observar a disposição das operações na linha.

O ponto de partida para o trabalho nesta linha surgiu tanto da necessidade de organizar e uniformizar as tarefas realizadas pelos operadores, como da constante vontade de melhorar e de aumentar a produtividade e eficiência.



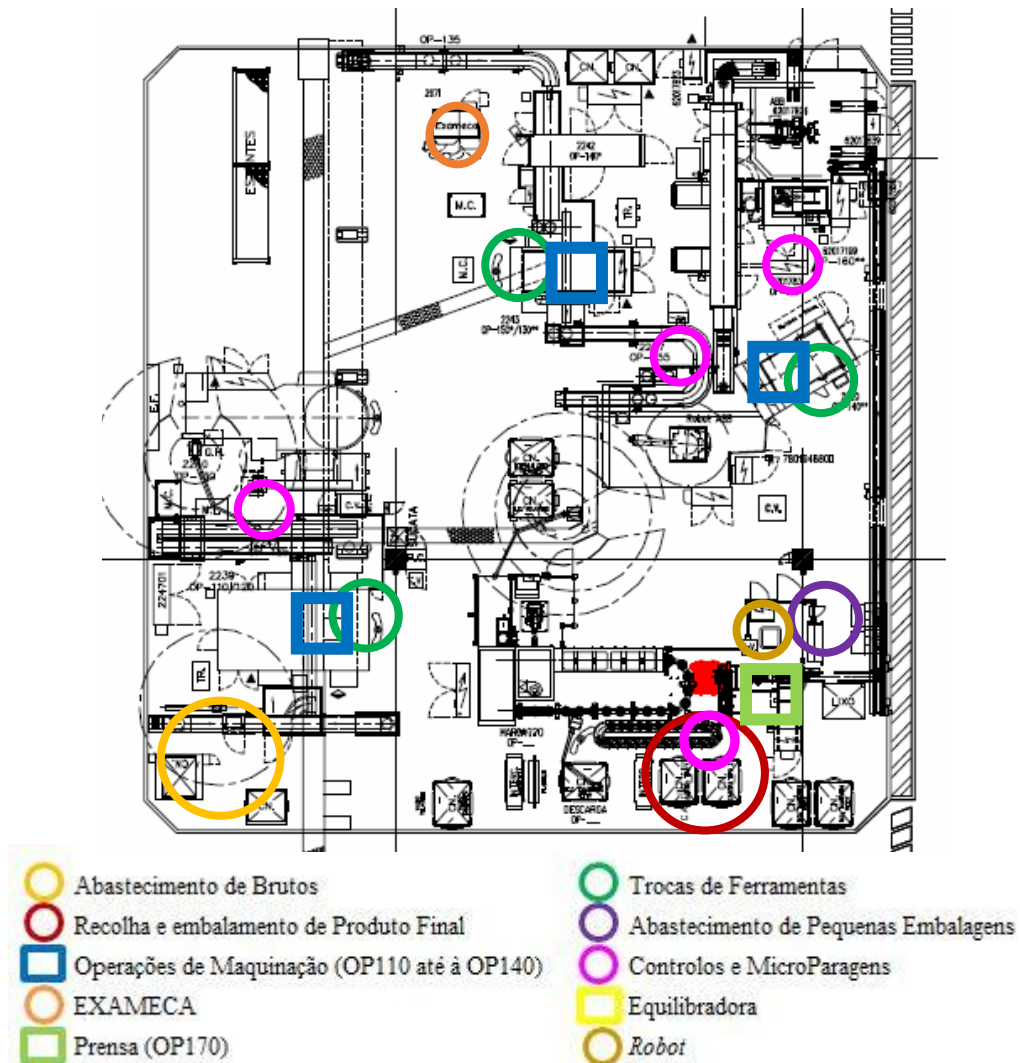


Figura 38 – Implantação da linha de produção dos Tambores

## 4.2 Diagnósticos

Uma vez que esta linha de produção não envolve montagens manuais, concluiu-se que alguns diagnósticos não teriam aplicabilidade, como é o caso do diagnóstico das operações não cíclicas, que não teria utilidade uma vez que os operadores não têm modo de trabalho definido, logo não realizam atividades cíclicas. Dos diagnósticos apresentados, decidiu-se apenas realizar aqueles diretamente relacionados com a maquinação. Foram então realizados o “*Tool Change Ninja Eye*”, o “*Rácio Troca Frequenciais*” e o “*Número de ilhas Engagement*”.

### i. Diagnósticos ferramentas à mão (*Tool Change Ninja Eye*)

Este diagnóstico (Anexo 21) serviu para entender o modo como eram realizadas as trocas de ferramentas e possibilitou o cálculo de oportunidades existentes caso todos os princípios analisados fossem respondidos de forma positiva. O rigor nesta análise foi definido anteriormente à sua realização e depende do nível de desempenho que se pretenda atingir. Este diagnóstico pretende elucidar as oportunidades escondidas no processo de troca de ferramentas.

## ii. Rácio Troca Freq enciais

Esta análise permitiu estudar o nível de fiabilidade das ferramentas. Esta análise possibilita a identificação das máquinas com maior fiabilidade e a possibilidade de trocas múltiplas de ferramentas, com o objetivo de reduzir o tempo de paragem das mesmas. No Anexo 22 é possível visualizar as máquinas existentes na linha de produção como também as ferramentas, e o seu nível de fiabilidade, envolvidas no trabalho de maquinação.

### iii. Número de ilhas *Engagement*

Ao contrário do que aconteceu no mesmo diagnóstico da UET da BOCV, nesta linha, como não existem postos de montagem aptou-se por acompanhar os operadores dentro da linha, registrando os seus percursos, todas as “ilhas de intervenção” e todas as sugestões e problemas encontrados. Para além do registo dos locais de passagem, foram cronometrados os tempos despendidos nas tarefas que iam realizando.

Nesta análise ficou patente a falta de coordenação entre os operadores e a necessidade da existência um modo operatório bem delineado. Os movimentos dos operadores eram definidos pelas necessidades da linha, ora trocavam uma ferramenta após verificarem que a máquina já tinha parado ora dirigiam-se a uma zona de controlo para controlar um diâmetro do tambor. Isto resultava em deslocações exageradas e desnecessárias por parte dos operadores. É possível constatar através do diagrama *spaghetti* presente no Anexo 23.

## vi. Fluxo Físico

Outra análise que foi valiosa na compreensão da linha dos tambores foi o fluxo físico. O fluxo físico permitiu entender o número de manipulações exigidas e o número de *stockagens* que as peças sofriam até entrarem no bordo de linha. É possível observar o fluxo físico na Figura 39. Nela está identificada uma oportunidade de redução da quantidade de pré-*stocks*.

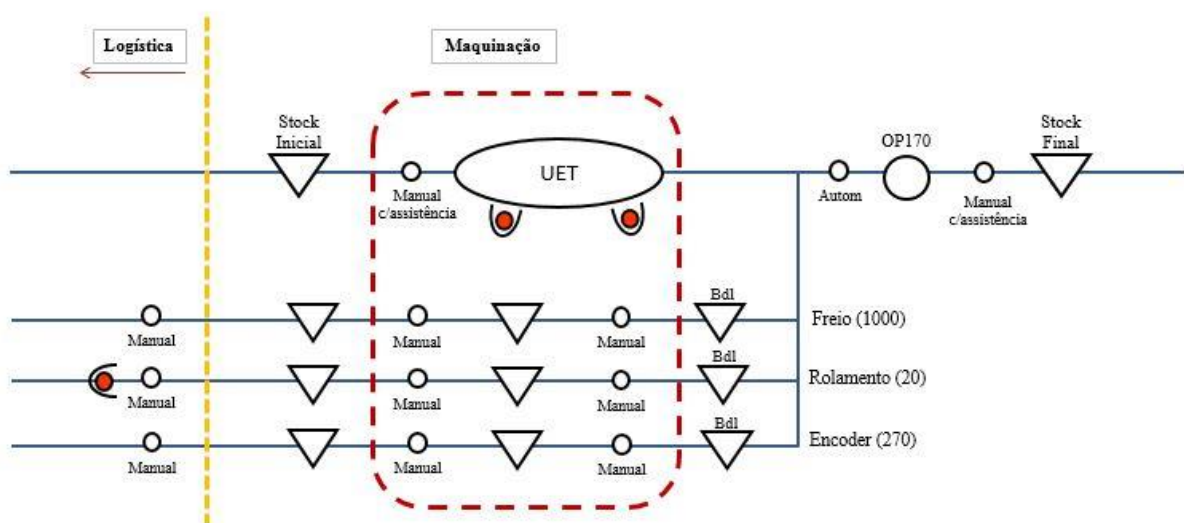


Figura 39 – Fluxo Físico da linha dos Tambores (antes)

Os triângulos simbolizam os pontos de *stock* dos constituintes utilizados e os círculos representam as operações realizadas. Através da Figura 39 é possível verificar uma quantidade desnecessárias de *stockagens* e de manipulações no abastecimento dos constituintes ao bordo de linha.

Nesta UET foram contabilizados os tempos gastos em mudanças de ferramentas nas operações 110 e 120 (Tabela 5), bem como o tempo necessário para realizar os controlos na Exameca após troca de ferramentas. (Tabela 6). Estes cálculos estão apresentados no Anexo 24.

Tabela 5 – Tempo de Troca de Ferramentas/Turno

<b>Tempo de Troca de Ferramenta/Turno</b>
22,8 min.

Tabela 6 – Tempo de Controlo na Exameca/Turno

<b>Tempo de Controlo Exameca/Turno</b>
28,8 min.

### 4.3 Soluções propostas e implementadas

Após a total compreensão dos diagnósticos e das oportunidades verificadas foram planeadas ações de melhoria que combatessem os problemas verificados em cima.

Através da análise da fiabilidade das ferramentas é possível perceber se a opção é procurar mudar de fornecedor ou corrigir algo no processo, no caso de uma fiabilidade baixa, ou introduzir a metodologia *SMED* para agrupar numa única paragem a substituição das pastilhas e assim reduzir o tempo total de paragem da máquina. Assim, tendo em conta que a fiabilidade das ferramentas da primeira máquina é considerada alta (88%), decidiu-se estudar a possibilidade da implementação da metodologia *SMED* aplicada à troca de ferramentas nas operações 110 e 120.

Neste sentido agruparam-se as ferramentas com tempos de vida múltiplos e definiram-se ciclos de troca das mesmas. Esta proposta visa minimizar as trocas de ferramentas inesperadas, tendo em conta o histórico de peças realizadas por cada uma das ferramentas. É implícito que a perda de peças fabricadas de algumas ferramentas que tinham tempo de vida superior ao proposto é compensada pela redução do tempo despendido nas diversas e constantes trocas de ferramentas. Da mesma forma, o investimento realizado numa nova pastilha para aumentar o seu tempo de vida útil, T1D3 por exemplo, é compensado pela redução de tempo de paragem da máquina. (Figura 40).

Esta medida visa não só a redução do tempo de mudança de ferramentas mas também a redução do tempo despendido no controlo Exameca, controlo esse exigido após cada troca de ferramentas.

OP	FERRO	PASTILHA	VIDA TEORICA	VIDA REAL (MIN)		PROPOSTA MULTIPLA
110	T7	D1	1000	300	→	333
		D2	1000	300		
		D3	1000	1000		
	T9	D1	1000	1000	→	1000
		D2	1000	1000		
	T11	D1	1000	1000	→	1000
		D2	1000	1000		
120	T1	D1	600	600	→	500
	T2	D1	600	400		
	T3	D1	300	300		
	T4	D1	500	500		

Figura 40 – Proposta de troca múltipla de ferramentas

Através do Anexo 25, verifica-se que com o novo método adotado, apesar de se consumir mais tempo na troca das ferramentas, as vantagens ao nível do tempo despendido no controlo são grandes, sendo poupado mais de metade do tempo gasto anteriormente (Figura 41).

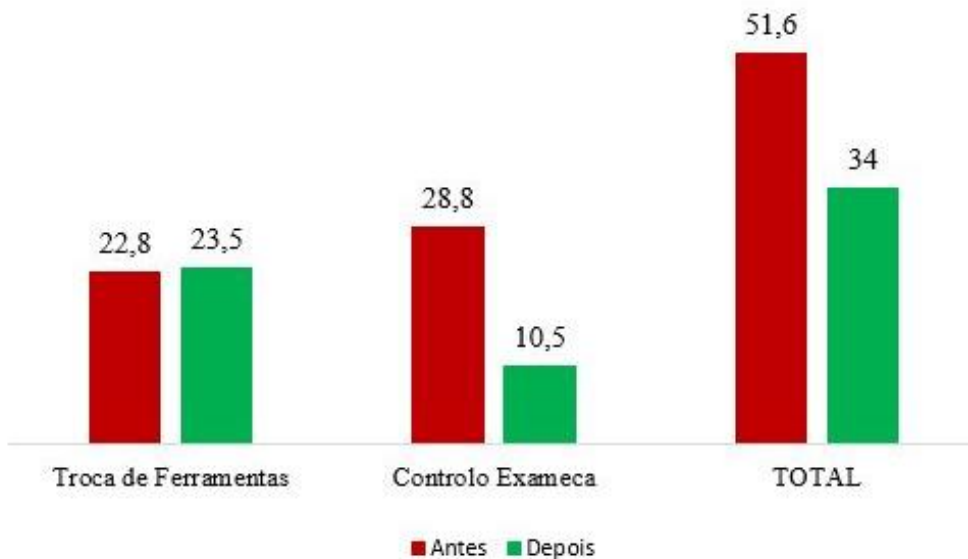


Figura 41 – Comparação entre tempos consumidos (min) na troca de ferramentas e no controlo Exameca

Esta alteração permitiu ganhar cerca de 17.5 min na UET. Tal melhoria acontece porque, até então, o controlo era realizado individualmente após cada mudança de ferramenta. Dessa forma, ao realizar a troca de ferramentas múltiplas possibilita que as tolerâncias das cotas sejam todas controladas ao mesmo tempo após a primeira peça maquinada depois da mudança de ferramentas. Importa referir que apenas as ferramentas que realizam as cotas mais importantes exigem passagem pela Exameca.

Com esta alteração é possível estimar um ganho de cerca de 15 peças por turno.

$$N^{\circ} \text{ peças} = \frac{\text{Tempo Total Ganho}}{\text{Tempo de Ciclo}} \quad (4.1)$$

$$N^{\circ} \text{ peças} = \frac{17.6 \text{ min}}{1.17 \text{ min}} = 15,04 \text{ peças}$$

Apesar de ser uma melhoria eficaz esta pode encontrar alguns problemas caso alguma das ferramentas se parta a meio do ciclo de vida e interrompa assim o ciclo de trocas múltiplas estabelecidas. Contudo nessa situação deverá voltar a substituir-se a ferramenta na troca seguinte, retomando as trocas múltiplas assim que possível.

Conforme foi identificado nos diagnósticos realizados surgiu a necessidade de desenvolver uma folha de operações *standard*, com o intuito de eliminar os deslocamentos repetitivos e exagerados e uniformizar as operações na UET. Dessa forma elaboram-se duas *FOS*, para cada um dos operadores (Anexos 26 e 27). O trabalho exigido pela linha ficou dividido da seguinte forma: o operador 1 ficará com as funções de carga de brutos e descarga de produto acabado, bem como abastecimento dos componentes ao *robot* da OP170, controlos pontuais na OP170 e a preparação da embalagem de produto acabado. O operador 2 ficará encarregue de realizar todos os controlos pontuais e PMA's em todos os postos de trabalho, como também será ele o responsável pela troca de ferramentas e controlos na Exameca.

Nesta linha foram ainda realizadas ações 5S em dois postos de trabalho, na OP110/120 e na operação de embalamento.

Na OP110/120 os problemas eram os seguintes: as ferramentas de corte e acessórios encontravam-se a uma distância de 4 passos do posto, a identificação das ferramentas e acessórios existe mas, no entanto, estão todas misturadas na mesma estante e as ferramentas manuais para essas duas operações encontram-se misturadas também. As ações de melhoria basearam-se na separação das ferramentas de corte e acessórios por OP, na separação de ferramentas manuais por operação e aproximação de todo o material necessário ao posto de trabalho. O estado inicial e final desta ação pode ser observado na Figura 42:



Figura 42 – Ação 5S na OP 110/120



Na operação de embalagem foram detetados os seguintes problemas: a zona de descarga não tinha gestão visual, o contentor encontrava-se longe do posto de descarga, e o pórtico de descarga estava muito perto do tapete, o que provocava um esforço elevado devido a estar muito fletido, e por último os calibres de controlo encontravam-se longe da zona de descarga. Dessa forma aplicou-se a gestão visual no posto, através de marcas no chão, deslocou-se o pórtico para possibilitar a aproximação do contentor ao posto e identificaram-se os calibres de controlo e colocaram-se junto da zona de descarga. Na Figura 43 apresenta-se o estado do posto antes e depois das ações 5S realizadas.

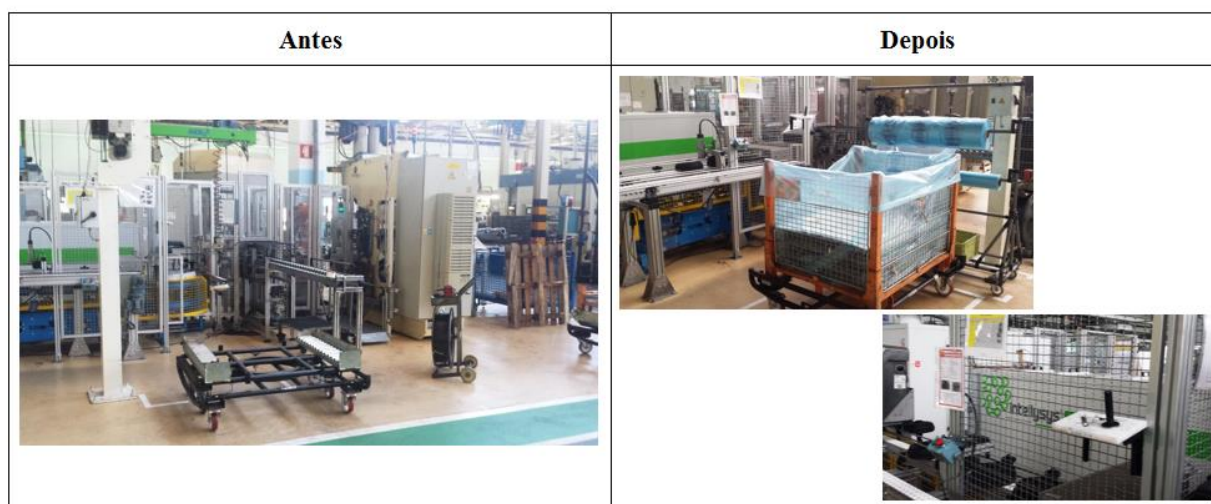


Figura 43 – Ação 5S na operação de descarga e embalagem

Conforme foi diagnosticado, existe um excesso de manipulações e de *stockagens* no processo de abastecimento dos componentes ao bordo de linha do *robot*. Nesse sentido, elaborou-se o fluxo físico futuro da linha (Figura 44). A ideia principal é evitar que sejam os operadores a abastecer o *robot* e passe a ser a logística a fazê-lo. Para além de libertar os operadores dessa tarefa, esta solução proporciona mais limpeza na UET eliminando duas zonas de *stock* dentro da linha.

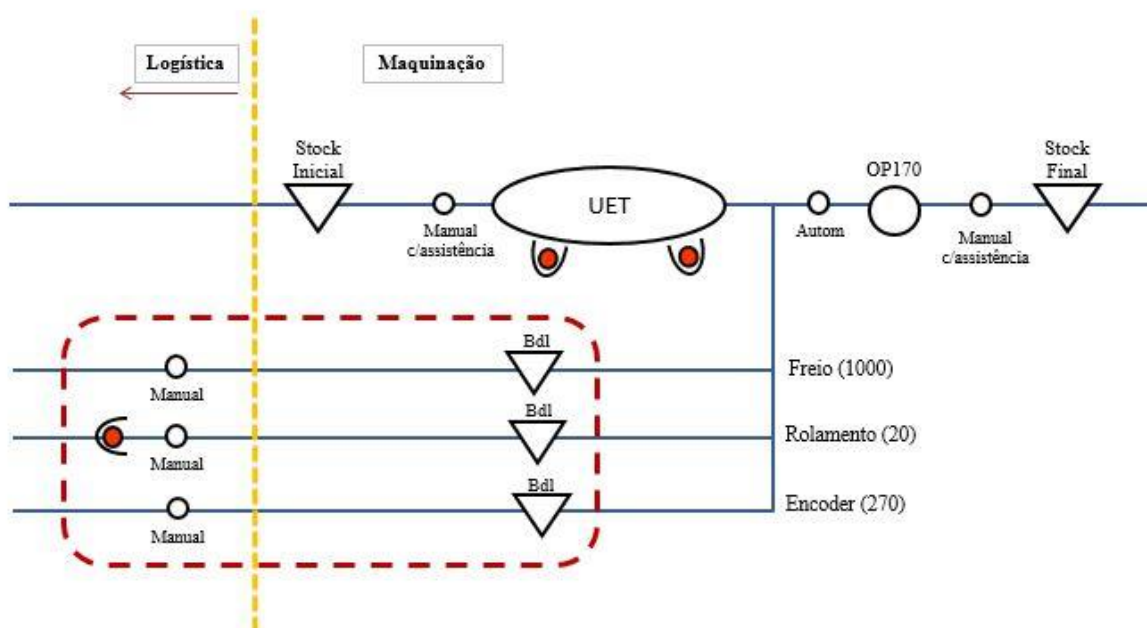


Figura 44 – Fluxo Físico da linha dos Tambores (depois)

Para esta solução ser viável terá que se realizar uma pequena mudança de *layout*, pois conforme está disposta a linha o operador logístico não consegue aceder ao bordo de linha, devido ao tapete automático que transporta os tambores (Figura 45).

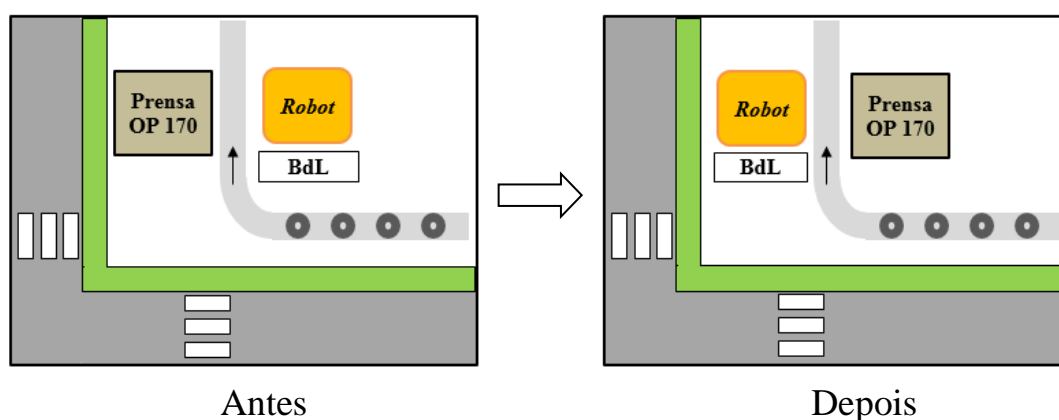


Figura 45 – Alteração da disposição da prensa e do *robot*

Para além das alterações já efetuadas foi definida a situação futura. Após reflexão entre todas as partes envolvidas no processo de fabricação dos tambores foi construída a linha de trabalho futura. Para isso foi criada a *FOS Ideal* (Anexo 28), ou seja, a situação a atingir. Na situação futura as ações são as seguintes:

**i. Brutos chegam em posição de montagem e com carga automática na Op110:**

Devido à excessiva carga ergonómica exigida aos operadores no posto de abastecimento de brutos à linha será implantado um mecanismo de abastecimento automático.

**ii. Abastecimento de pequenas embalagens por parte da logística:**

Conforme já foi definido, a próxima ação será alterar a implantação da prensa e do *robot* para permitir que seja o operador logístico a abastecer diretamente o posto do *robot*.

**iii. Alteração do *layout* e do local reservado para a Exameca:**

A linha tem tapetes automáticos muito compridos entre operações que nunca servem de *buffer*, exceto na operação de alimentação da linha, sendo por isso considerados desnecessários. A diminuição dos mesmos causaria uma diminuição direta no *lead time* do processo. Por outro lado sugere-se a alteração de local reservado para a Exameca. Devido à necessidade de controlo após todas as trocas de ferramentas uma aproximação da mesma aos centros de maquinaria diminuiria o tempo gasto em deslocações.

**iv. Decomposição das gamas de controlo na Exameca:**

O próximo passo a realizar na Exameca será separar as gamas de controlo da OP110 da gama de controlo da OP120 na linha, ou seja, ao decompor as gamas apenas se realizam os testes necessários. Isto é, pretende-se que quando se mude as ferramentas da OP120 o teste realizado na Exameca seja apenas às cotas e tolerâncias do trabalho

realizado por essas mesmas ferramentas, evitando que a máquina realize um ciclo completo de testes. Esta alteração permitirá um ganho de 4 min por turno no tempo de controle de ferramentas (Anexo 25).

**v. Preparação em armazém da embalagem de produto acabado:**

A intenção era que a embalagem final fosse preparada em armazém. Isto é, antes do operador logístico transportar o contentor vazio para produto acabado para a UET, prepara em armazém a quantidade necessária de intercalados e de filmes de plástico para embalar o produto final. Isto permitiria limpar a UET, eliminando da linha a base rolante e a paleta com intercalados e o rolo com o plástico, e diminuía o tempo despendido pelo operador no processo de embalamento (Figura 46).



Figura 46 – Base rolante e paleta de intercalados

**vi. PMA realizado por alguém fora da UET:**

A ideia era delegar esta tarefa num trabalhador que não estivesse diretamente relacionado com o processo de produção, analisando se alguém podia desempenhar apenas a realização do PMA para diversas UET do departamento de componentes mecânicos.

**vii. Apenas 1 MOD a operar a linha:**

Com o trabalho uniformizado, com o método de trocas múltiplas de ferramentas ampliado para todas as máquinas, com a separação das gamas de controlos na Exameca e com as modificações pensadas e descritas em cima estima-se que as operações requeridas pela UET consigam ser desempenhadas por apenas 1 MOD.

É possível afirmar que as melhorias nesta linha foram alcançadas, conseguindo uma redução do tempo despendido em mudança de ferramentas e no controle na Exameca na ordem dos 34%. Essa ação permitirá produzir mais 15 peças por turno. Por outro lado as atividades dos operadores foram uniformizadas com o intuito de diminuir qualquer tipo de variabilidade no processo. Por fim foi definido o estado futuro da linha, criando desde já a folha de operação *standard* a aplicar na segunda etapa do projeto *lean* na linha dos tambores.



## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Neste capítulo são reunidas as principais conclusões do trabalho desenvolvido. Posteriormente são sugeridos alguns pontos a serem desenvolvidos num trabalho futuro.

### 5.1 Conclusões

Concluído o projeto da dissertação poderá afirmar-se que os resultados foram positivos e atingidos.

Envolver todos os colaboradores, oriundos de todos os níveis da estrutura organizacional, é fundamental quando o que se pretende é criar motivação, suscitar um sentimento de bem-estar e atingir o sucesso da organização. O conhecimento adquirido pelos trabalhadores através da experiência no chão-de-fábrica nunca deve ser desperdiçado, são fonte de muitas ideias de melhorias.

Uma mentalidade pró-ativa, aliada a uma postura inconformada são duas chaves primárias para o sucesso da empresa. Portanto, é imperativo fomentar uma cultura empreendedora e de constante busca por melhorias na organização. Apenas desta forma é possível eliminar de forma continuada os desperdícios e aumentar a percentagem de valor acrescentado da empresa.

Na linha de produção da BOCV, as ações realizadas culminaram no alcance dos objetivos previamente definidos para a linha, ou seja, numa redução do tempo de ciclo de 0,77 minutos para 0,51 minutos. Depois de diagnosticados os desperdícios existentes na linha foram tomadas ações para os combater, como a mudança de *layout*, que permitiu aumentar a flexibilidade da linha, otimizar a área fabril e eliminar alguns desperdícios relacionados. Paralelamente à alteração da implantação da linha foram tomadas mais ações com vista à eliminação de atividades de valor não acrescentado e à diminuição do tempo de ciclo da linha. As modificações impostas nesta linha permitem aumentar a produção diária em 51% com menos 1 MOD. Para além da redução do tempo de ciclo, da eliminação de desperdícios e da otimização do espaço, as medidas possibilitam a eliminação de uma pessoa por turno e criar uma 4ª equipa que trabalhará ao fim de semana.

O ponto de partida para as ações tomadas na linha de produção dos tambores surgiu na necessidade de tornar a linha mais *lean*, eliminando desperdícios e normalizando as atividades dos trabalhadores. Nesse sentido foi desenvolvida a metodologia *SMED* nesta linha permitindo aumentar a produtividade da mesma. Por outro lado, foram criadas as folhas de operação *standard*, onde são especificadas as rotas que o operador tem de realizar, permitindo eliminar deslocamentos desnecessários. Para esta linha foi elaborado o plano futuro de trabalhos, antevendo ainda mais melhorias.

Nas duas situações os operadores estiveram envolvidos e a par do desenrolar dos acontecimentos, e nesse sentido, foi gratificante observar a reação dos trabalhadores e o impacto positivo que as ações tiveram nos seus hábitos de trabalho.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Quanto ao *Lean Thinking* poderá afirmar-se que este não tem fim. A filosofia *Lean* assenta numa busca permanente de oportunidades de melhoria e como tal o projeto *Lean* na Renault deverá prosseguir, aumentando as áreas de intervenção e envolvendo cada vez mais colaboradores.

Na linha de produção da BOCV, com o aumento de capacidade da linha de montagem e com o aumento da capacidade de maquinaria, o próximo passo será sincronizar as duas linhas. O objetivo é implementar o *Just-in-Time*. Uma vez que os tempos de ciclos da maquinaria e da montagem irão ficar equilibrados após a implantação de novos centros de maquinaria não existe a necessidade de maquinar para *stock*. Com a implementação do *pull system* seria possível reduzir custos de *stockagem*. Para evitar que o operador logístico tenha que realizar rotas de duas em duas horas para abastecer pequenos componentes, sendo que quase todas as vezes ele regressa ao armazém com referências que não eram necessárias naquele momento, deveria ser estudada a implementação da metodologia *kanban*.

Na linha de produção dos tambores, com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo deveria ser equacionada uma possibilidade de negociação com os fornecedores no sentido de estes fornecerem os brutos com uma menor espessura de material. Isto permitiria reduzir o tempo de maquinaria do equipamento *bottleneck* e assim aumentar a produção da linha.

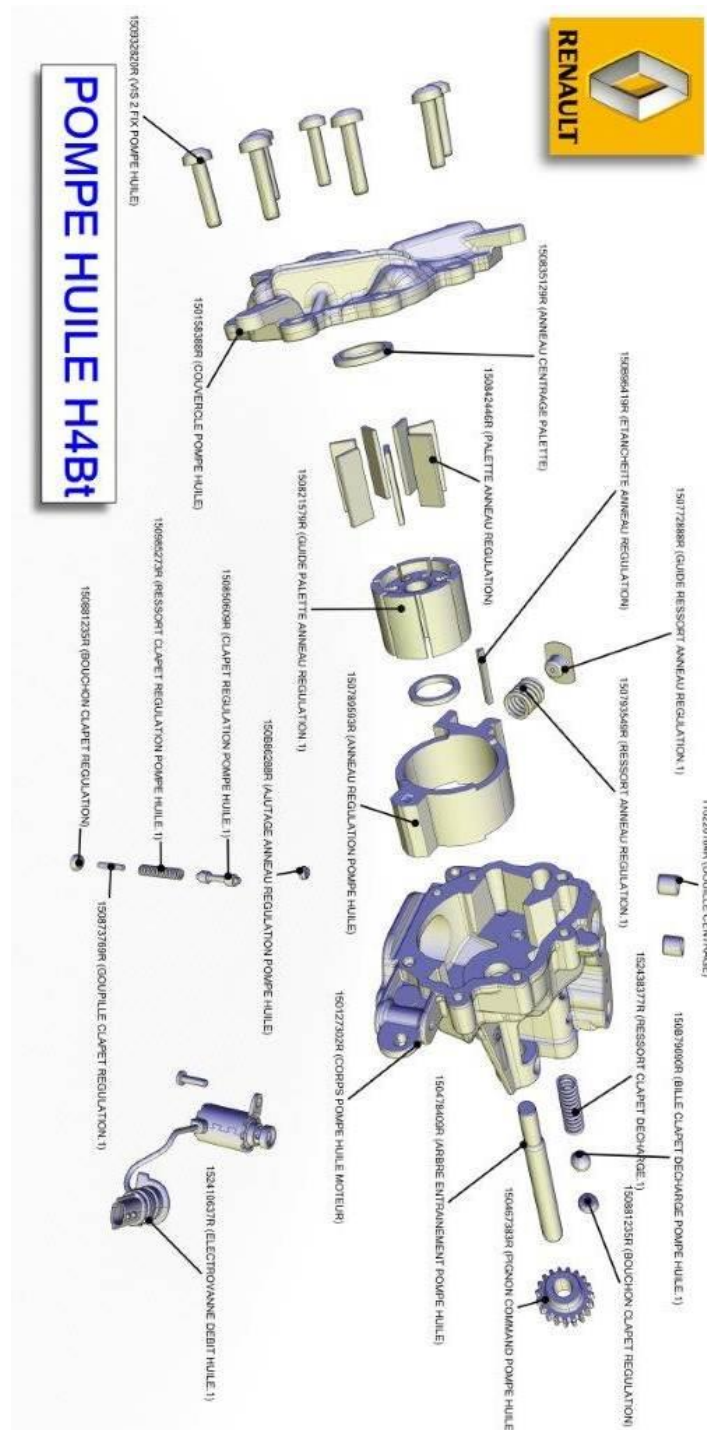
A metodologia 5S deverá ser aplicada continuamente a todas as áreas de fabricação e departamentos da empresa. Sabendo que os 5S possibilitam um melhor ambiente de trabalho, mais seguro, limpo e organizado, deverá criar-se estímulos e um espírito de disciplina nos trabalhadores no sentido de serem eles próprios a sugerirem ações 5S.

Por fim, a base do projeto deverá ser aplicada a todas as linhas da Renault e não apenas à linha da BOCV e dos tambores. Com uma análise minuciosa e a extensão da aplicação dos diagnósticos realizados a todas as UET encontrar-se-ão muitas oportunidades de redução de custo ou aumento do valor acrescentado produzido.

## Referências

- Chase, R.B., F.R. Jacobs e N.J. Aquilano. 2006. *Operations Management for Competitive Advantage*. McGraw-Hill/Irwin
- Coimbra, Euclides A. 2009. *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.
- Courtois, Alain, Chantal Martin-Bonnefois e Maurice Pillet. 1996. *Gestion de Production*. Les Editions D'Organisation.
- Covey, S. R. 1989. *The seven habits of highly effective people*. Free Press, New York.
- Imai, Masaaki. 1986. *Gemba Kaizen - the key to Japan's competitive sucess*. McGraw-Hill Publishing Company.
- Imai, Masaaki. 1997. *Gemba Kaizen - Common Sense, Low Cost Approach to Management*. Reed Business Information Inc.
- Jacobs, F. Robert. 2002. *Operations Management for competitive advantage*. McGraw-Hill.
- Jay Heizer, Barry Render. 2001. *Operations Management*. Pearson Prentice Hall.
- Kaizen Institute. 2014b. *Manual KMS*. Kaizen Institiute.
- Liker, Jeffrey K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the Worlds's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Magalhães, A. 2011. *Ferramentas Lean*. Comunidade Lean Thinking.
- Monks, Joseph G. 1987. *Operations Management: Theory and Problems*. McGRAW-HILL.
- Ohno, Taiichi. 1988. *The Toyota Production System: beyond large scale-production*. Productivity Press.
- Pinto, João Paulo. 2009. *Pensamento LEAN: A filosofia das organizações vencedoras*. LIDEL.
- Shingo, Shigeo. 1981. *A Study of the Toyota Production System: from an industrial engineering viewpoint*. Productivity Press.
- Shingo, Shigeo. 1985. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Productivity Press.
- Weber, Al e Ivara Ron Thomas. 2005. "Key performance indicators". *Measuring and Managing the Maintenance Function*, Ivara.
- Womack, James P. e Daniel T. Jones. 1996. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.

## ANEXO 1: Bomba de Óleo de Cilindrada Variável Hxx



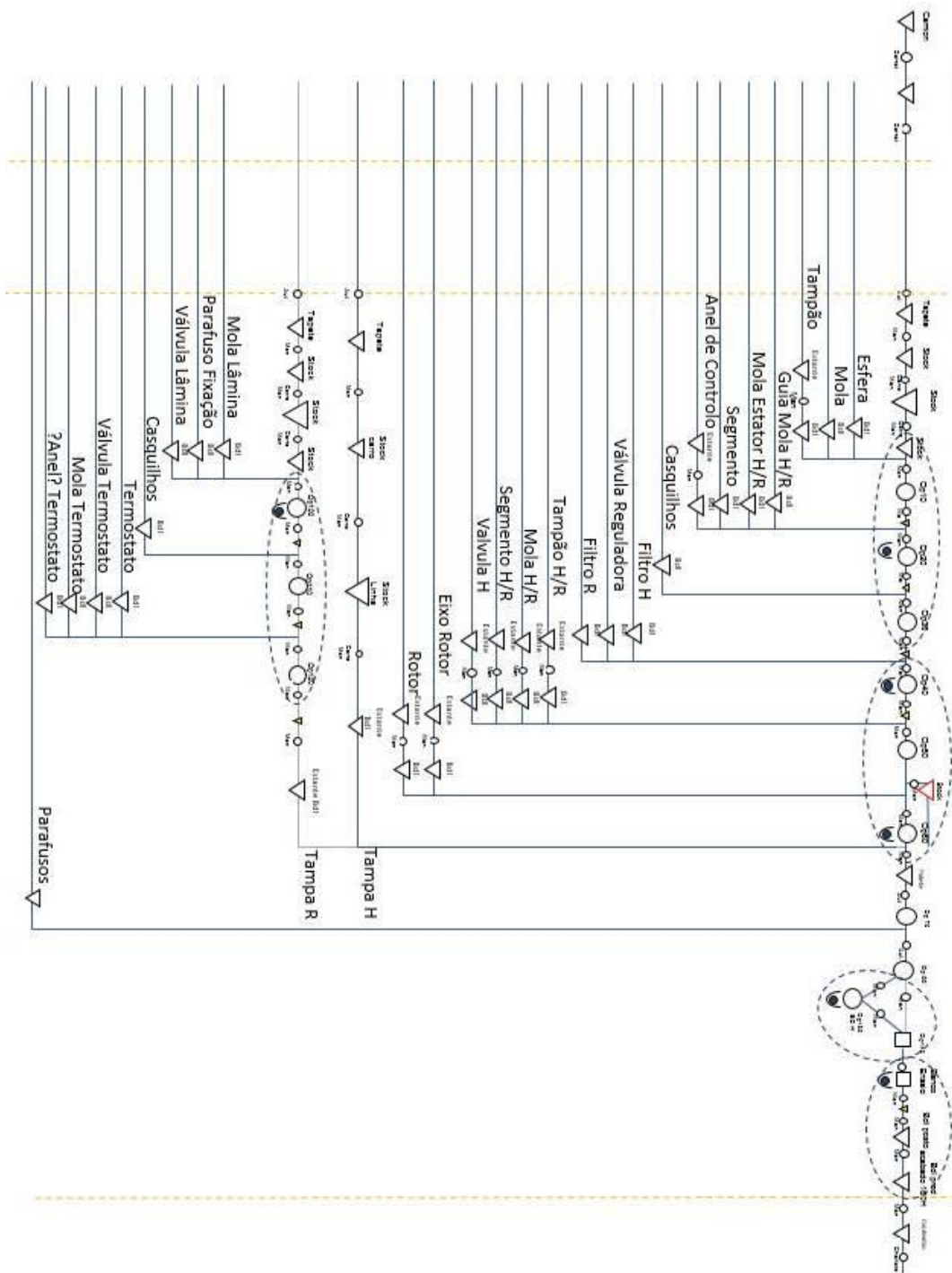
## ANEXO 2: Constituintes da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável

COMPONENTES	BOCV HXX	BOCV Rxx
Anilha Inf/Anilha Sup	X	X
Casquilhos	X	X
Casquilhos Centragem		X
Eixo Longo	X	X
Esfera	X	
Estátor	X	X
Filtro	X	X
Guia Mola	X	X
Mola	X	
Mola Termostato		X
Mola Estátor	X	X
Mola Lâmina		X
Mola Válvula Regul.	X	X
Palhetas	X	X
Parafuso Fixação		X
Parafuso Termostato		X
Parafusos	X	X
Pinhão		X
Pinhão Comando	X	
Pino (Golpilha)	X	X
Rotor	X	X
Segmento	X	X
Tamp. Vál. Reg		X
Tampão	X	
Termostato		X
Válvula Lâmina		X
Válvula Regulação	X	X
Válvula ON/OFF	X	
Válvula Termostato		X

**ANEXO 3: Descrição das operações na linha de montagem da BOCV**

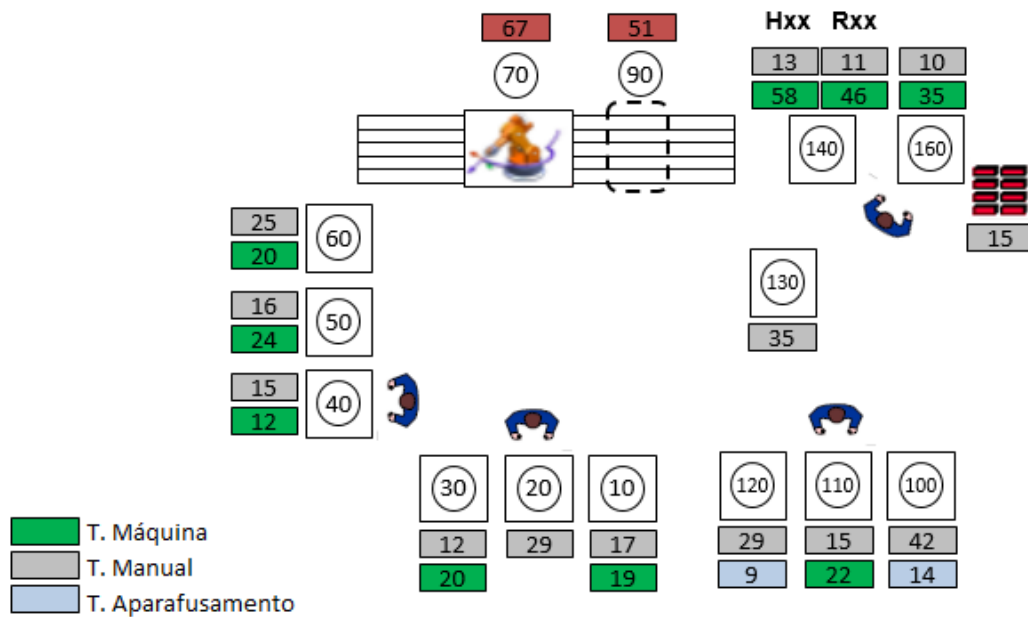
Nº Operação	BOCV HXX	BOCV Rxx
OP.10	Montagem Válvula de Descarga	-
OP.20	Montagem do Estator	Montagem do Estator
OP.30	Montagem Casquilhos Centragem Bomba	Montagem Casquilhos Centragem Bomba
OP.40	Montagem do Filtro	Montagem do Filtro da Válvula
OP.50	Montagem Válvula de Regulação	Montagem da Válvula de Regulação
OP.60	Montagem do Rotor no Eixo Longo	Montagem do Rotor no Eixo Longo
OP.70	Colocação de Palhetas e Anilhas Inf/Sup	Colocação de Palhetas e Anilhas Inf/Sup
OP.90	Aparafusamento da BOCV	Aparafusamento da BOCV
OP.100	-	Montagem da Válvula Lâmina
OP.110	-	Montagem Casquilhos Centragem
OP.120	-	Montagem da Válvula do Termostato
OP.130	Montagem e Aparafusamento Válvula ON/OFF	-
OP.140	Banco de Ensaios	Banco de Ensaios
OP.160	Marcação DATAMTRIX	Marcação DATAMTRIX

## ANEXO 4: Fluxo Físico da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável



## ANEXO 5: Tempo de ciclo das tarefas manuais da BOCV Hxx (antes)

Tempo ciclo tarefas manuais (Cmin) - T.Ciclo = 75 Cmin (antes)																												
	OP10	DESLC	Σ	OP20	DESLC	Σ	OP30	DESLC	Σ	OP40	DESLC	Σ	OP50	DESLC	Σ	OP60	DESLC	Σ	OP130	DESLC	Σ	OP140	DESLC	Σ	OP160	DESLC	Σ	EMBALAMENTO
HOMEM 1	17	3	20	29	2,8	31,8	12	6	18			0			0			0			0			0			0	
HOMEM 2			0			0			0	15	3	18	16	2,8	18,8	25	6	31			0			0			0	
HOMEM 3			0			0			0			0			0			0	35	2	37	13	5	18			0	
HOMEM 4			0			0			0			0			0			0			0			0	10	2	12	15



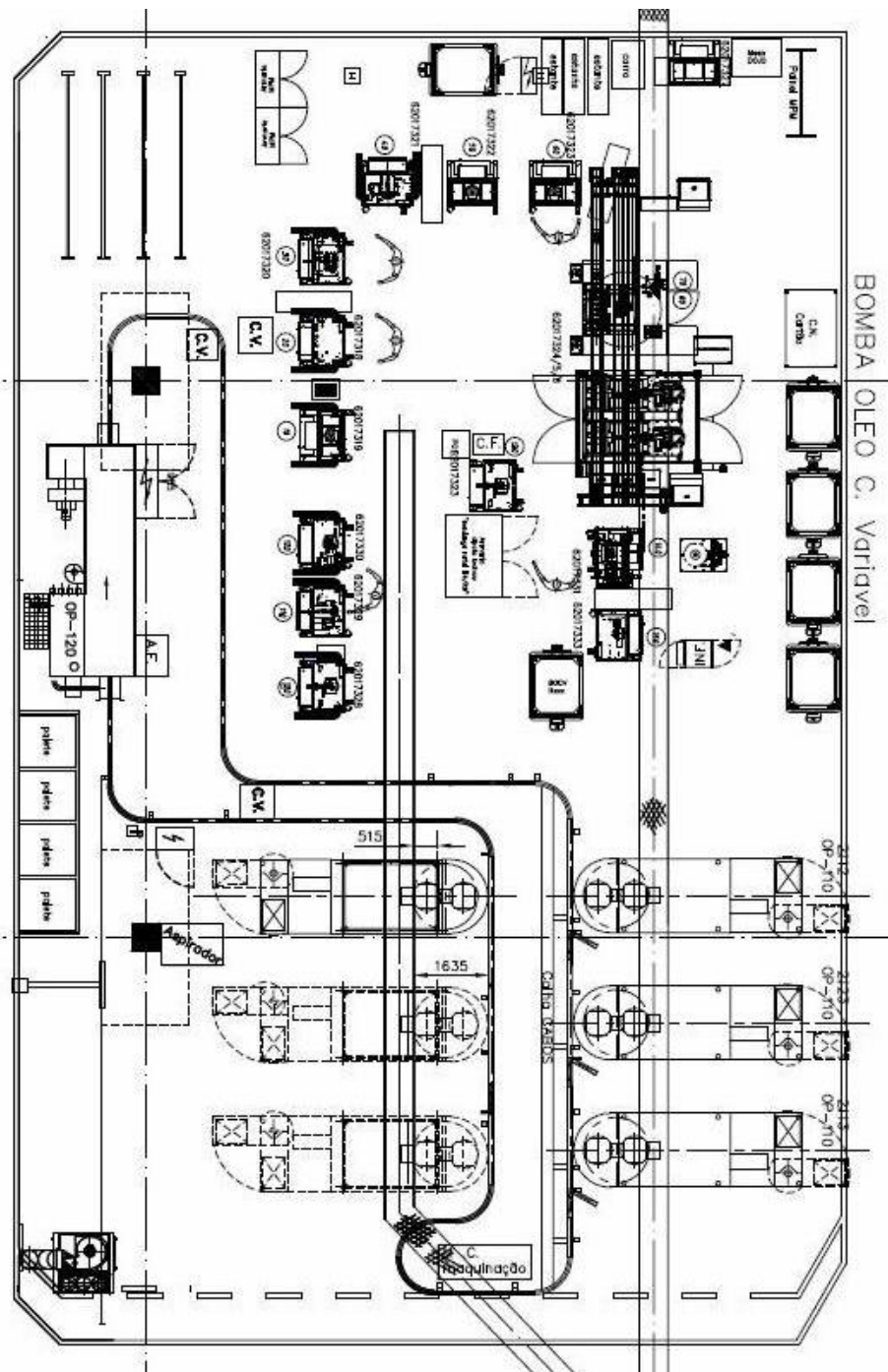
% inatividade	
HOMEM 1	7%
HOMEM 2	10%
HOMEM 3	27%
HOMEM 4	64%
	<b>27%</b>



## ANEXO 6: Folha de preenchimento de análise VA/NVA

DATA: [dd/mm/]		08-04-2015		FABRICA:		CACIA		AT:		AT3		UET:	
TIEMPO CICLO [cmin]:				CADENCIA/VEICULO [Nº/h]:		#DIV/O!		HORA OBS		09H30		OBSERVADOR	
ACTIVIDADES POSTOS	Pegar PEÇA (PEGAR JANELA ERG)	PEGAR/DESL. COM PEÇA	DESLOÇAR SEM PEÇA	ACTIVIDADE LOGISTICA	VALIDAÇÃO, CONTROLO, MARCAÇÃO PEÇAS	INACTIVIDADE	RESOLUÇÃO MICRO-PARAGENS	OUTROS	OUTROS	Observ.			
OP10/20/30													
OP40/50/60													
OP130/140													
OP160/170													

## ANEXO 7: *Layout* Inicial da linha de produção da BOCV



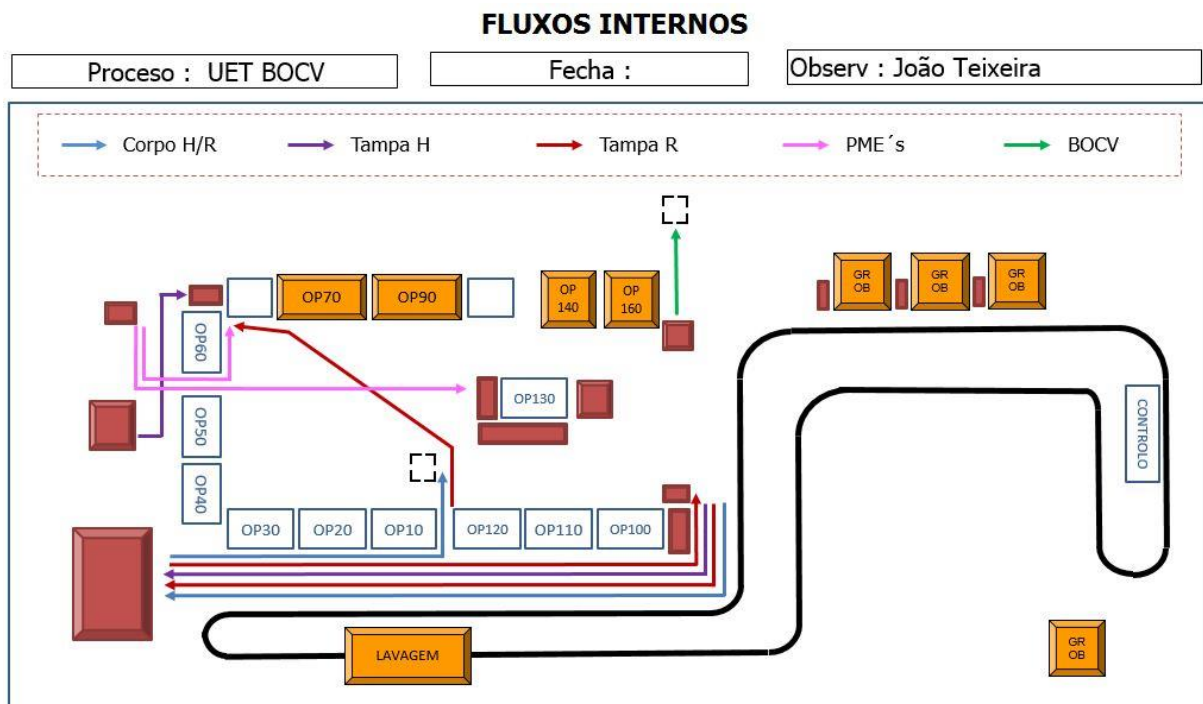
**ANEXO 8: Operações não cíclicas na BOCV Hxx (antes)**

BOCV H					
Operação	Componente	Não Cíclica	Periodo	N.Ocorrências /Turno	LOGISTICA
Pós Lavagem	Tampa H	Intercalado	18	27,8	
		BAC	45	11,1	
		Transporte Carro	180	2,8	
	Corpo H	Intercalado	15	33,3	
		BAC	30	16,7	
		Transporte Carro	120	4,2	
OP 10	Corpo H	Intercalado	15	33,3	
		BAC	30	16,7	
		Transporte Carro	120	4,2	
		Controlo BdL	30	16,7	
OP 20	Anel Controlo	Intercalado/papel	15	33,3	
		Caixa	60	8,3	
OP 50	Tampão H	Abastecimento BdL			500 1,0
	Mola H	Abastecimento BdL			500 1,0
	Válvula H	Abastecimento BdL			500 1,0
	Segmento H	Abastecimento BdL			500 1,0
OP 60	Rotor	Intercalado	22	22,7	
		Caixa	66	7,6	
	Eixo Rotor H	Caixa	100	5,0	
	Pinhão H	Intercalado	40	12,5	
		Caixa	280	1,8	
	Tampa H	BAC	45	11,1	
Transporte		270	1,9		
OP 130	Válvula ONOFF	Intercalado	15	33,3	
		Caixa	60	8,3	
		Transporte	360	1,4	
		Parafusos	Caixa		
OP 160	BOCV H	Intercalado/BAC	8	62,5	
		Transporte	160	3,1	
				KPI H	379

## ANEXO 9: Operações não cíclicas na BOCV Rxx (antes)

BOCV R					
Operação	Componente	Não Cíclica	Periodo	Nº Ocorrências/ Turno	LOGISTICA
pós lavagem	Tampa R	Intercalado	14	30,0	
		BAC	42	10,0	
		Transporte Carro	126	3,3	
	Corpo R	Intercalado	16	26,3	
		BAC	32	13,1	
		Transporte Carro	128	3,3	
OP 20	Corpo R	Intercalado	16	26,3	
		BAC	32	13,1	
		Transporte Carro	128	3,3	
		Controlo BdL	32	13,1	
	Anel Controlo	intercalado/papel	15	28,0	
		Caixa	60	7,0	
OP 50	Tampão R	Abastecimento BdL			420 1,0
	Mola R	Abastecimento BdL			420 1,0
	Segmento R	Abastecimento BdL			420 1,0
OP 60	Rotor	Intercalado	22	19,1	
		Caixa	66	6,4	
	Eixo Rotor R	Caixa	160	2,6	
	Pinhão R	Caixa	36	11,7	
	Tampa R	BAC	15	28,0	
		Transporte	15	28,0	
OP100	Tampa R	Intercalado	14	30,0	
		BAC	42	10,0	
		Transporte Carro	84	5,0	
OP 160	BOCV R	Intercalado	5	84,0	
		Plástico	2,5	168,0	
		BAC	10	42,0	
		Transporte	200	2,1	
			KPI R	613	

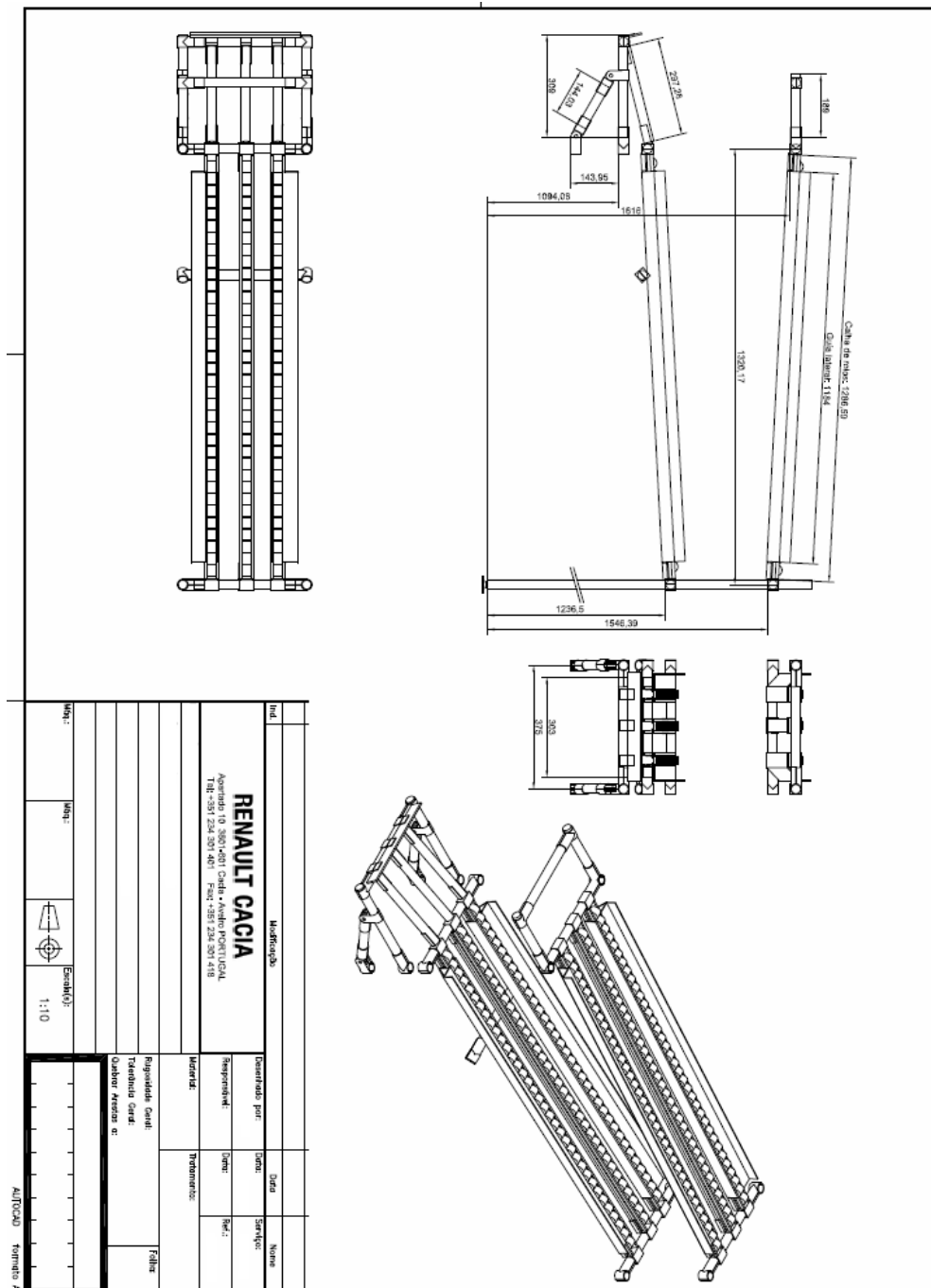
## ANEXO 10: Fluxos Internos UET da BOCV (antes)



BOCV Hxx				
Fluxo	Lote Transp	Total Distancia	N Veces Turno	KPI
Corpo Maquinado H Tapete=>Stock	120	208	4,2	50
Corpo Maquinado H Stock => Op Montagem	120	150	4,2	36
Tampas maquinadas H Tapete => Stock	180	139	2,8	50
Tampas maquinadas H Stock => Op70	270	22	1,9	12
Rotor H	66	76	7,6	10
Válvula ON/OFF H	60	167	8,3	20
Eixo Rotor H	100	50	5,0	10
Monobloco H	280	18	1,8	10
Substituir contentor acabado BOCV_H	160	31	3,1	10
<b>Total</b>	<b>861</b>			
		Cad/TURNO		
		500		

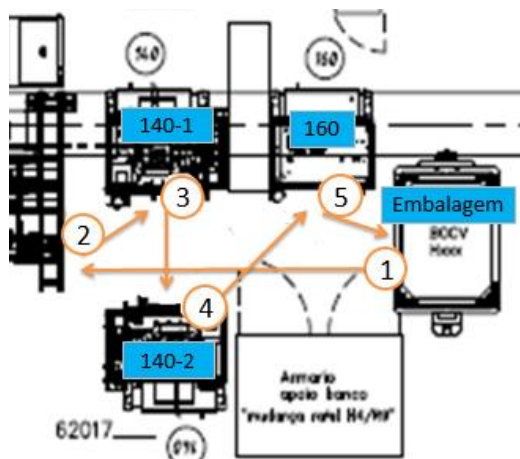
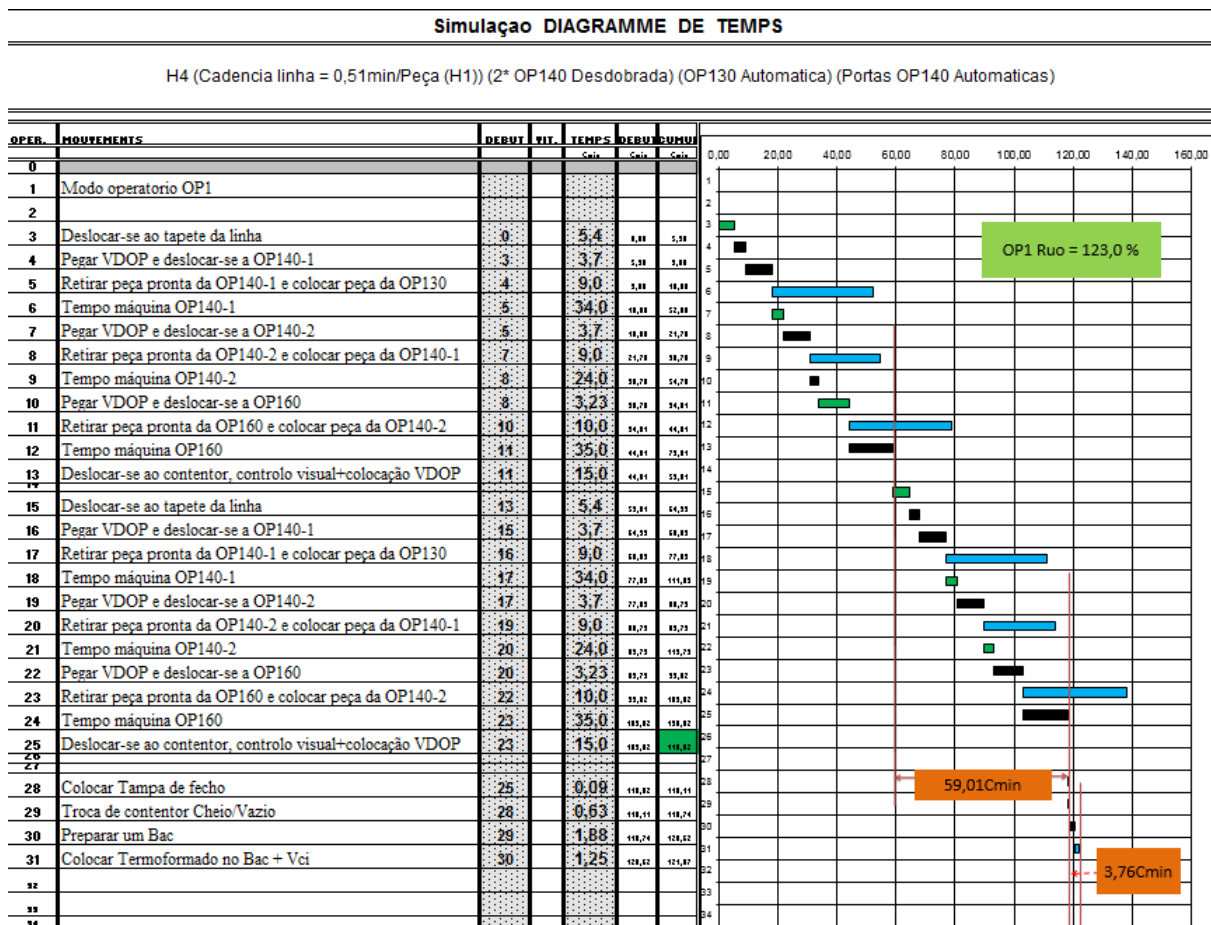
BOCV Rxx				
Fluxo	Lote Transp	Total Distancia	N Veces Turno	KPI
Corpo Maquinado R Tapete=>Stock	128	164	3,3	50
Corpo Maquinado R Stock => Op Montagem	128	98	3,3	30
Tampas maquinadas R Tapete => Stock	180	117	2,3	50
Tampas maquinadas R Stock => Op100	90	233	4,7	50
Tampa R Op 120 => Paleta Op70	15	560	28,0	20
Rotor R	66	64	6,4	10
Eixo Rotor R	160	26	2,6	10
Monobloco R	36	117	11,7	10
Substituir contentor acabado BOCV_R	200	21	2,1	10
<b>Total</b>	<b>1236</b>			
		Cad/TURNO		
		420		

## ANEXO 11: Desenho técnico do desenvolvimento do tapete rolante no posto de embalagem

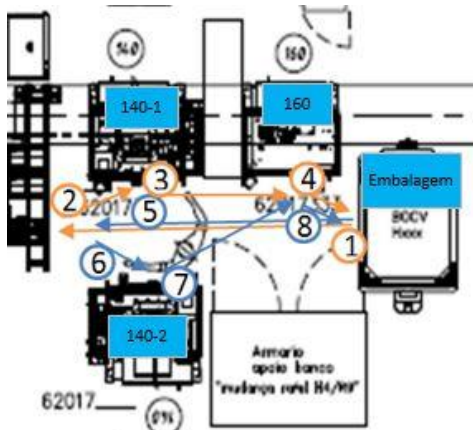
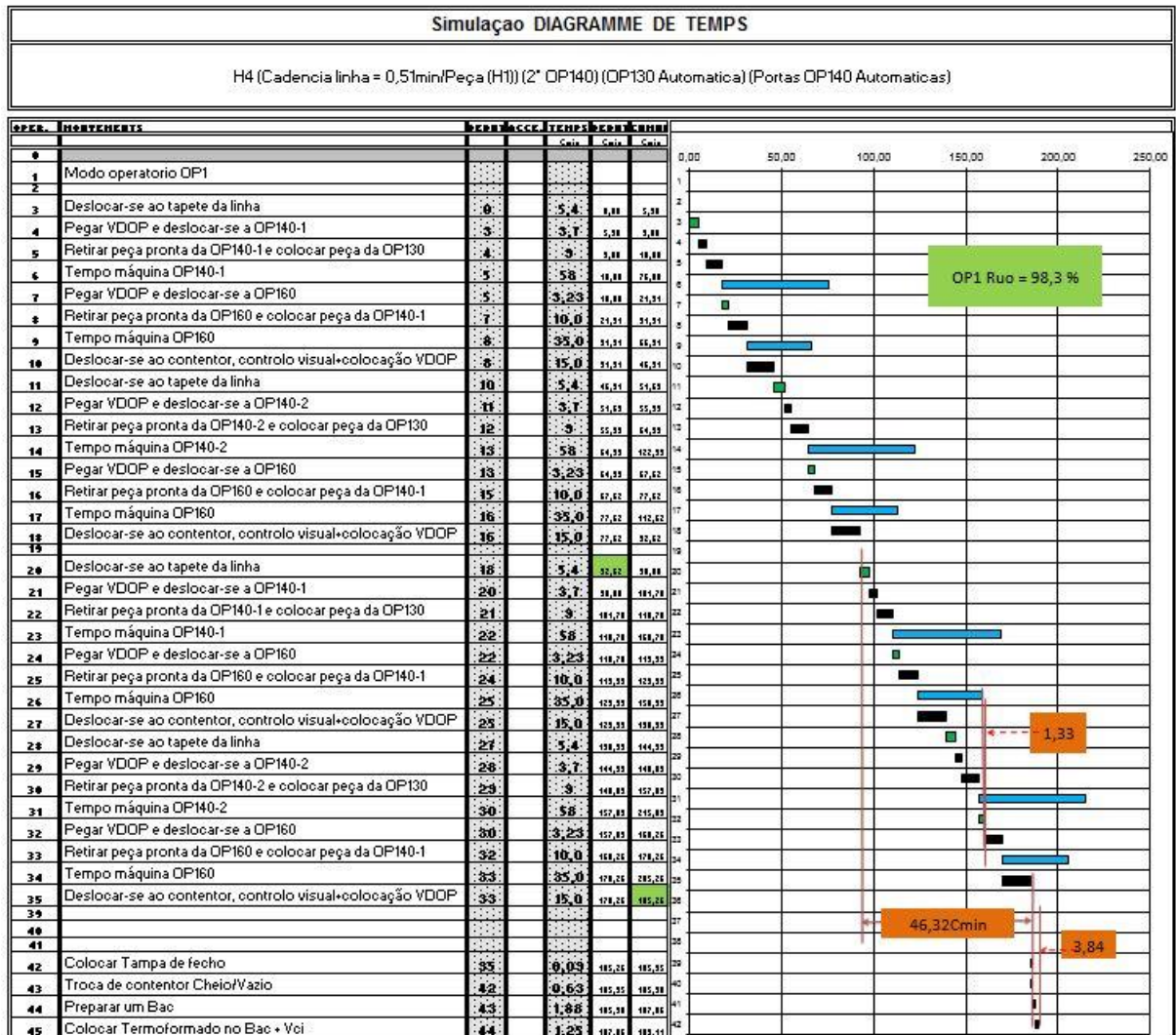




## ANEXO 12: Tempo de ciclo com decomposição da gama OP140

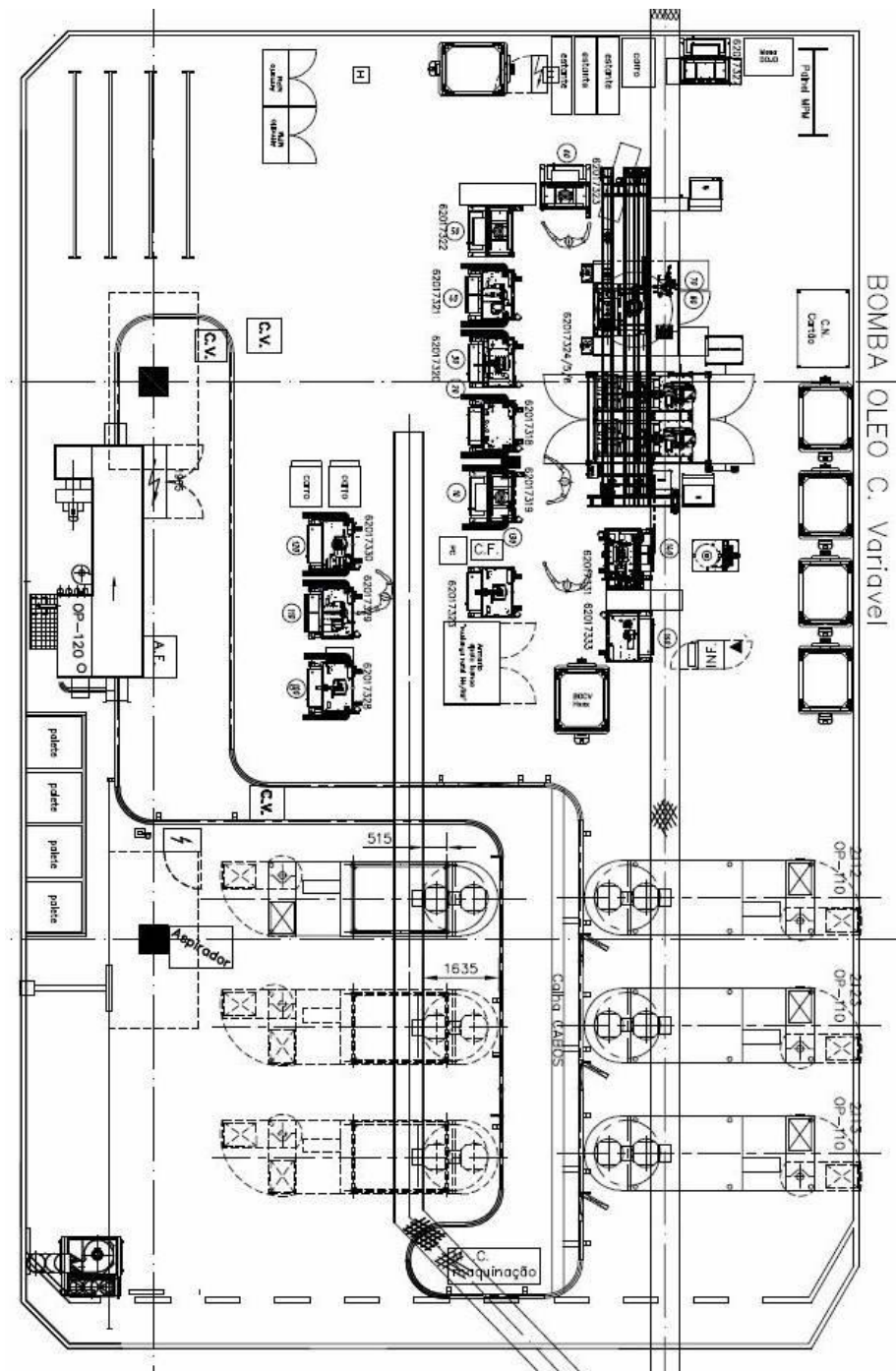


## ANEXO 13: Tempo de ciclo com duplicação da OP140

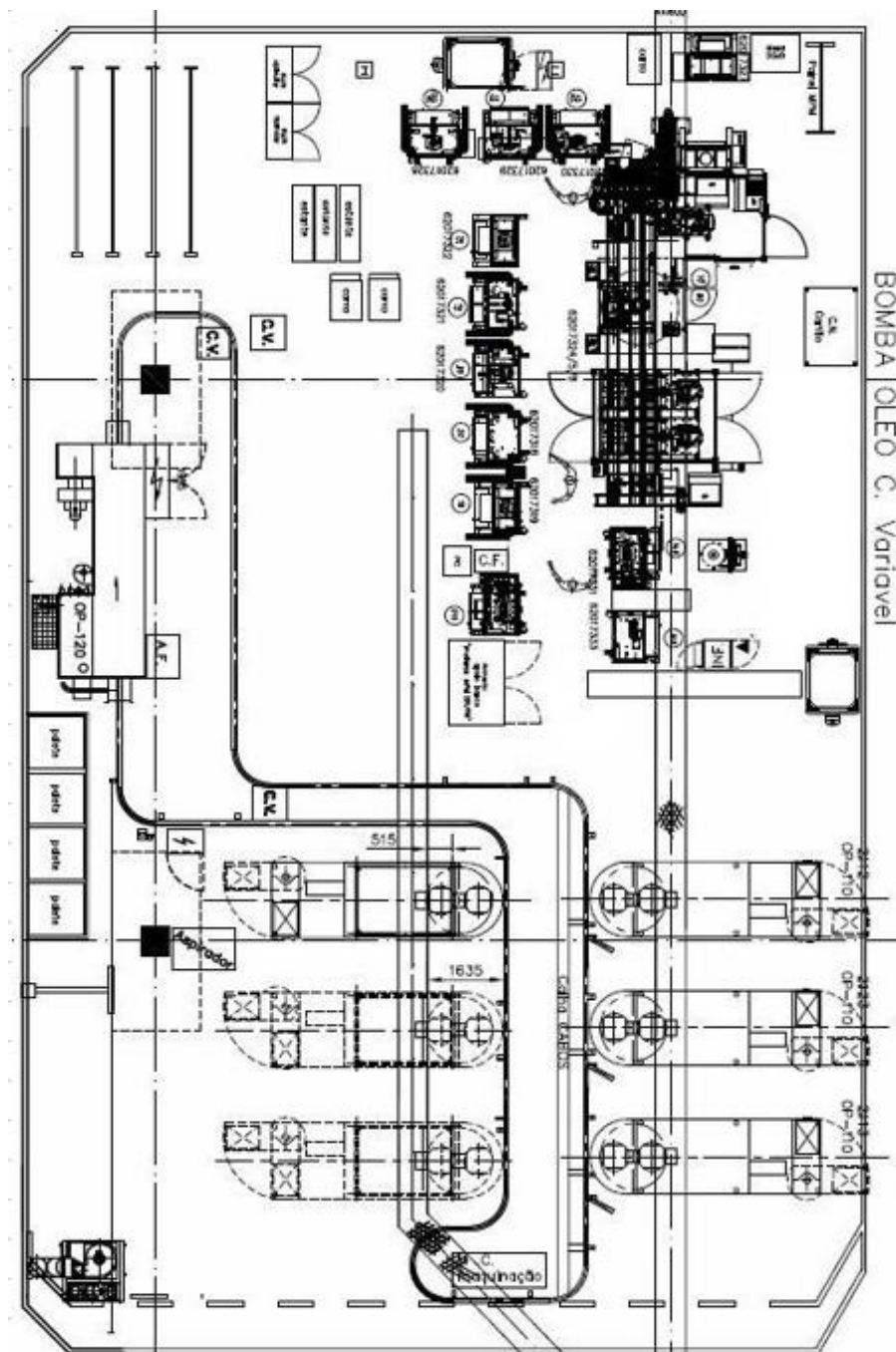




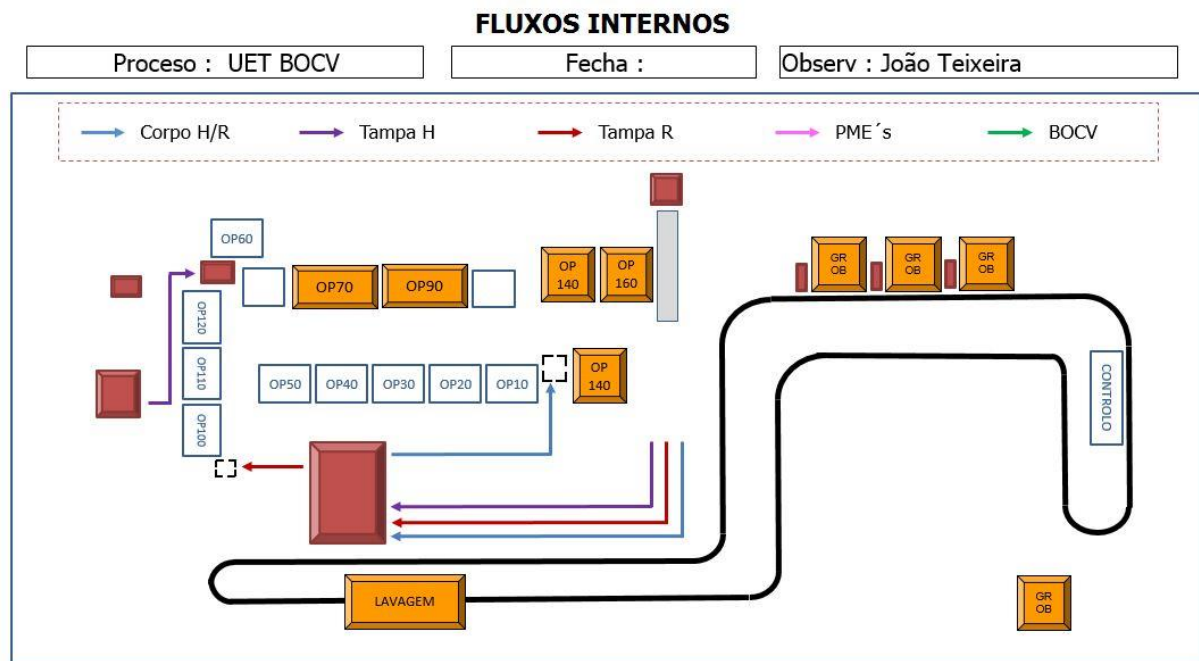
## ANEXO 14: *Layout* Intermédio da linha de produção da BOCV



## ANEXO 15: *Layout* Final da linha de produção da BOCV



## ANEXO 16: Fluxos Internos UET da BOCV (depois)



BOCV Hxx				
Fluxo	Lote Transp	Total Distancia	N Vezes Turno	KPI
Corpo Maquinado H Tapete=>Stock	120	208	4,2	50
Corpo Maquinado H Stock=> Op Montagem	120	150	4,2	36
Tampas maquinadas H Tapete => Stock	180	139	2,8	50
Tampas maquinadas H Stock => Op70	270	22	1,9	12
Rotor H	66	0	7,6	0
Válvula ON/OFF H	60	83	8,3	10
Eixo Rotor H	100	0	5,0	0
Monobloco H	280	18	1,8	10
Substituir contentor acabado BOCV_H	160	0	3,1	0

Total **621**

Cad/TURNO  
500

BOCV Rxx				
Fluxo	Lote Transp	Total Distancia	N Vezes Turno	KPI
Corpo Maquinado R Tapete=>Stock	120	175	3,5	50
Corpo Maquinado R Stock => Op Montagem	120	105	3,5	30
Tampas maquinadas R Tapete => Stock	180	117	2,3	50
Tampas maquinadas R Stock => Op100	90	23	4,7	5
Tampa R Op 120 => Paleta Op70	18	0	23,3	0
Rotor R	66	0	6,4	0
Eixo Rotor R	160	0	2,6	0
Monobloco R	36	117	11,7	10
Substituir contentor acabado BOCV_R	200	0	2,1	0

Total **537**

Cad/TURNO  
420

## ANEXO 17: Operações não cíclicas na BOCV Hxx (depois)

BOCV H					
Operação	Componente	Não Cíclica	Período	Nº Ocorrências/ Turno	LOGISTICA
Pós Lavagem	Tampa H	Intercalado	18	27,8	
		BAC	45	11,1	
		Transporte Carro	180	2,8	
	Corpo H	Intercalado	15	33,3	
		BAC	30	16,7	
		Transporte Carro	120	4,2	
OP 10	Corpo H	Intercalado	15	33,3	
		BAC	30	16,7	
		Transporte Carro	120	4,2	
		Controlo BdL	30	16,7	
OP 20	Anel Controlo	Intercalado/papel	15	33,3	
		Caixa	60	8,3	
OP 50	Tampão H	Abastecimento BdL			500 1,0
	Mola H	Abastecimento BdL			500 1,0
	Válvula H	Abastecimento BdL			500 1,0
	Segmento H	Abastecimento BdL			500 1,0
OP 60	Rotor	Intercalado			22 22,7
		Caixa			66 7,6
	Eixo Rotor H	Caixa			100 5,0
	Pinhão H	Intercalado	40	12,5	
		Caixa	280	1,8	
	Tampa H	BAC	45	11,1	
Transporte		270	1,9		
OP 130	Válvula ONOFF	Intercalado			15 33,3
		Caixa			60 8,3
		Transporte			360 1,4
	Parafusos	Caixa			500 1,0
OP 160	BOCV H	Intercalado/BAC	8	62,5	
		Transporte			160 3,1

KPI  
H

298

## ANEXO 18: Operações não cíclicas na BOCV Rxx (depois)

BOCV R					
Operação	Componente	Não Cíclica	Periodo	Nº Ocorrências/ Turno	LOGISTICA
pós lavagem	Tampa R	Intercalado	14	30,0	
		BAC	42	10,0	
		Transporte Carro	126	3,3	
	Corpo R	Intercalado	16	26,3	
		BAC	32	13,1	
		Transporte Carro	128	3,3	
OP 20	Corpo R	Intercalado	16	26,3	
		BAC	32	13,1	
		Transporte Carro	128	3,3	
		Controlo BdL	32	13,1	
	Anel Controlo	intercalado/papel	15	28,0	
		Caixa	60	7,0	
OP 50	Tampão R	Abastecimento BdL			420 1,0
	Mola R	Abastecimento BdL			420 1,0
	Segmento R	Abastecimento BdL			420 1,0
OP 60	Rotor	Intercalado			22 19,1
		Caixa			66 6,4
	Eixo Rotor R	Caixa			160 2,6
	Pinhão R	Caixa	36	11,7	
	Tampa R	BAC			15 28,0
		Transporte			15 28,0
OP100	Tampa R	Intercalado	14	30,0	
		BAC	42	10,0	
		Transporte Carro	84	5,0	
OP 160	BOCV R	Intercalado	5	84,0	
		Plástico	2,5	168,0	
		BAC	10	42,0	
		Transporte			200 2,1

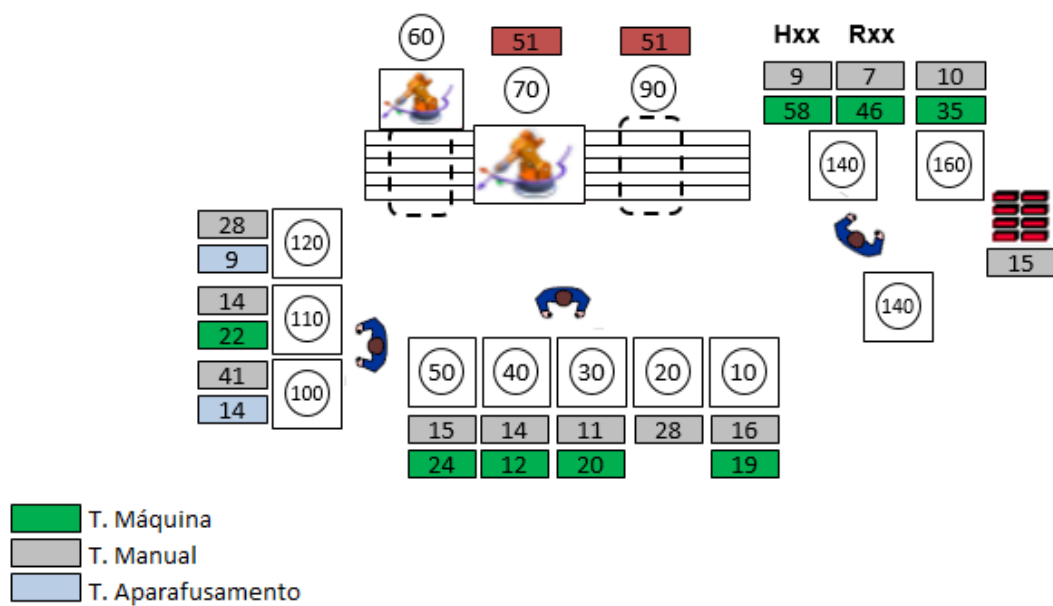
KPI  
R

527



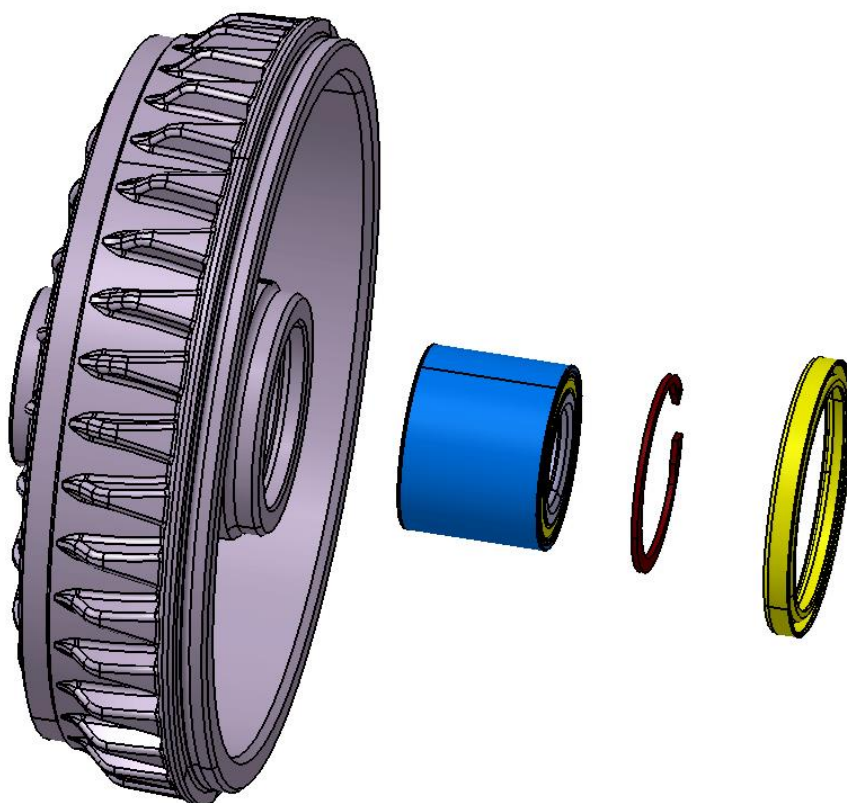
## ANEXO 19: Tempo de ciclo das tarefas manuais da BOCV Hxx (depois)

Tempo ciclo tarefas manuais (Cmin) - T.Ciclo = 51 Cmin (depois)																			
	OP10	DESLC	Σ	OP20	DESLC	Σ	OP30	DESLC	Σ	OP40	DESLC	Σ	OP50	DESLC	Σ	OP140(1) + OP140(2) + OP160 + EMBALAMENTO	DESLC	Σ	T. Ciclo (1 BOMBA)
HOMEM 1	15,9	2,67	18,6	27,9	2,67	30,6			0			0			0			0	0
HOMEM 2			0			0	10,9	2,3	13,2	13,9	2,17	16,1	14,9	4,5	19,4			0	0
HOMEM 3			0			0			0			0			0	68	24,6	92,6	46,3



	% inatividade
HOMEM 1	4%
HOMEM 2	4%
HOMEM 3	9%
	6%

## ANEXO 20: Desenho técnico do Tambor e seus constituintes



## ANEXO 21: Tool Change Ninja Eye

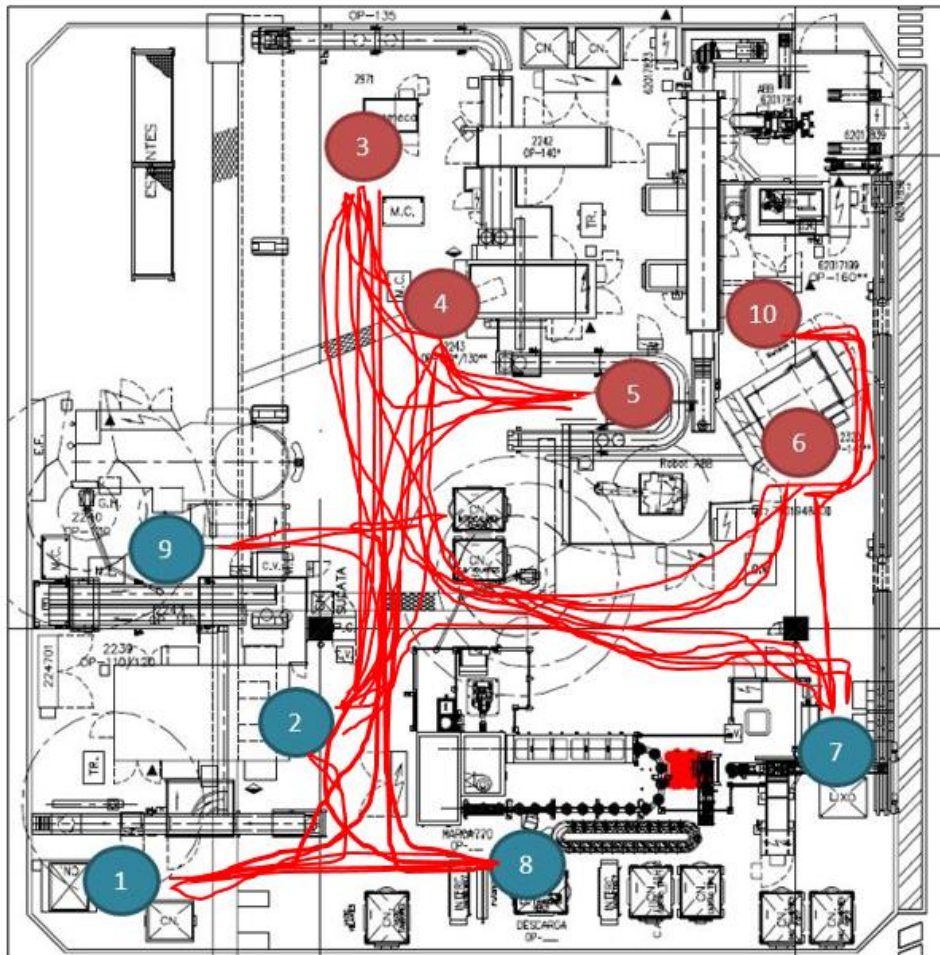
[illegible]



## ANEXO 22: Fiabilidade das ferramentas e das máquinas na linha dos Tambores

Mudança de ferramenta													
Atelier	UET	Máq	Ferramenta	Frequencia Teórica	Frequencia Real 1	Frequencia Real 2	Frequencia Real 3	Frequencia Real 4	Frequencia Real 5		Fiabilidade Média / Ferr.	Fiab. média / máq.	KPI
AT4	TAMBORES	2239	T7 D1	1000	300	500	400	400	500		42%	88%	80%
			T7 D2	1000	300	530	550	500	500		48%		
			T7 D3	1000	1000	1000	1000	1000	1000		100%		
			T9 D1	1000	1000	1000	1000	1000	1000		100%		
			T9 D2	1000	1000	1000	1000	1000	1000		100%		
			T11 D1	1000	1000	1000	1000	1000	1000		100%		
			T11 D2	1000	1000	1000	1000	1000	1000		100%		
		T1 D1	600	400	500	450	550	600		83%	100%		
		T2 D1	600	600	600	600	600	600		100%			
		T3 D1	300	300	300	300	350	350	X	100%			
		T4 D1	500	500	500	470	500	500		99%	53%		
		T6431	1000	1000	500	600	238	1000		67%			
		T6432	1000	1000	500	600	238	1000		67%			
		T6433	1000	2	200	238	400	450		26%	100%		
		T6401	400	400	400	400	400	400		100%			
		T6411	400	600	600	600	600	600	X	100%			

## ANEXO 23: Diagrama *Spaghetti* na linha dos Tambores



## ANEXO 24: Cálculo dos tempos de mudança de ferramenta e controlo na Exameca (antes)

Tempo de troca de pastilha: 3min (exempto T4D1: 5 min)

Op	FERRO	PASTILHA	VIDA TEORICA	VIDA REAL	FREQUENCIA ACTUAL /TURNO	Σ TEMPO DE TROCA PASTILHA/TURNO (min)	TEMPOS DE CONTROLO	Σ TEMPO DE CONTROLO (min)	
110	T7	D1	1000	300	1,17	3,5	-	0,0	
		D2	1000	300	1,17	3,5	2 min	2,3	
		D3	1000	1000	0,35	1,1	2 min	0,7	
	T9	D1	1000	1000	0,35	1,1	-	0,0	
		D2	1000	1000	0,35	1,1	-	0,0	
		D1	1000	1000	0,35	1,1	-	0,0	
120	T11	D2	1000	1000	0,35	1,1	2 min	0,7	
		T1	D1	600	600	0,58	1,8	1 min	0,6
		T2	D1	600	600	0,58	1,8	10 min	5,8
	T3	D1	300	300	1,17	3,5	10 min	11,7	
		D1	500	500	0,70	3,5	10 min	7,0	
		T4							
TOTAL					22,8		28,8		
								51,6 min	

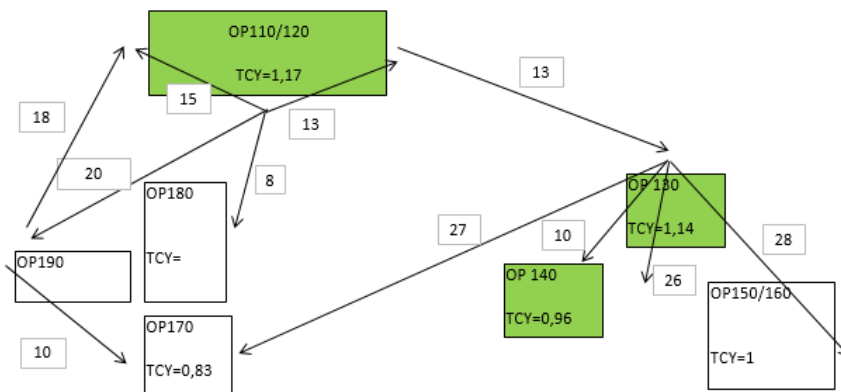
## ANEXO 25: Cálculo dos tempos de mudança de ferramenta e controle na Exameca (depois)

Tempo de troca de pastilha: 3min (excepto TAD1: 5 min)							Próxima Fase		
OP	FERRO	PASTILHA	PROPOSTA MULTIPLA	FREQUENCIA PROPOSTA /TURNO	TEMPO DE TROCA PASTILHA/TURNO	TEMPOS DE CONTROLO	TEMPO DE CONTROLO/TURNO	TEMPO DE TROCA PASTILHA/TURNO	TEMPO DE CONTROLO/DIA (SEPARANDO AS GAMAS DA EXAMECA 110/120)
110	T7	D1	333	1,05	3,2	2 min	2,10	3,2	2,10
		D2			3,2			3,2	
		D3			3,2			3,2	
	T9	D1	1000	0,35	1,1	-	0,0	1,1	0,0
		D2			1,1			1,1	
120	T11	D1	500	0,70	1,1	2 min	0,70	1,1	0,70
	T11	D2			1,1			1,1	
	T1	D1			2,1			2,1	
	T2	D1			2,1			2,1	
	T3	D1			2,1			2,1	
120	T4	D1	Total	23,5	34,0	10,5	23,5	6,7	

## ANEXO 26: Folha de Operação *Standard* - Operador 1




## Folha de Operação Standard

(ENGAGEMENT HOMEM/MÁQUINA)		Nome do Processo(operação):	Tempo de aprendizagem	Operador	Chefe de UET	Chefe de Atelier
Mês	Modelo			A	A	
				B	B	
				C	C	



Volume de Produção por equipa	Tempo do ciclo de Produção
350	1,17

Nº de passos = 1250 passos/turno  
Taxa de ocupação = 395 min  
Tempo de deslocação = 25 minutos/turno

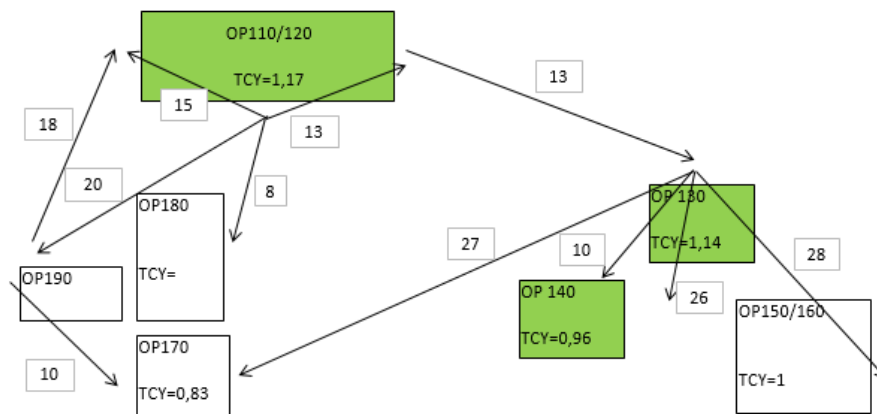
	Segurança	Stocks	Inspecção
Símbolos			

Procedimento da Operação	Nome do Processo (Nº Máquina)	Número de produtos a serem fabricados num ciclo	Tempo operatório manual	Tempo de operação manual durante o funcionamento máquina	Tempo de Operação da máquina	
						Operação Manual      Funcionamento da Máquina      Deslocamentos
1	Carga da OP110	20		3	20	
3	Descarga Pintura OP190		10			
4	Carga OP170		4			
5	Controlo OP170		1			
6	Preparação embalagem		6			

## ANEXO 27: Folha de Operação *Standard* - Operador 2

### Folha de Operação *Standard*

(ENGAGEMENT HOMEM/MÁQUINA)		Nome do Processo(operação):	Tempo de aprendizagem	Data de modificação		
Mês	Modelo			Operador	Chefe de UET	Chefe de Atelier
				A	A	
				B	B	
				C	C	



Volume de Produção por equipa	Tempo do ciclo de Produção
350	1,17

N° passos = 1300 passos/turno  
 Tempo de deslocamento = 26 minutos/turno  
 Taxa de ocupação = 326 minutos/turno  
 Tarefas executadas 1X/turno

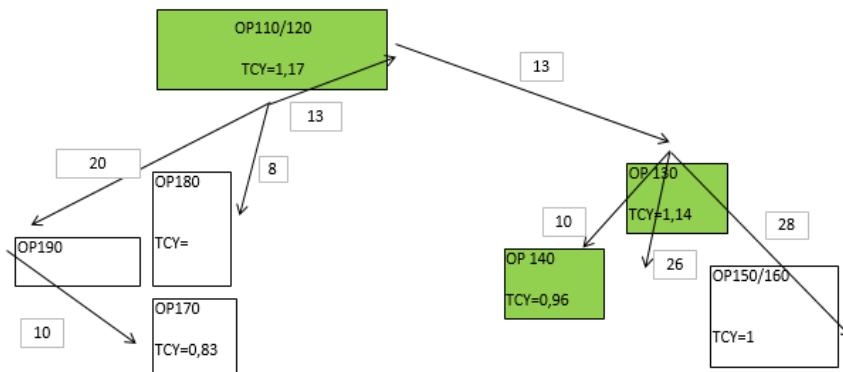
Símbolos	Segurança	Stocks	Inspeção
	+	●	◇

B		Nome do Processo (Nº Máquina)	Nº de produtos a serem fabricados	Tempo de operação manual	Tempo de operação manual durante o funcionamento da máquina	Tempo de Operação da máquina	Operação Manual	Funcionamento da Máquina	Deslocamentos
1	Controlo	OP-110 BDL		2		10			
2	Controlo	OP-120 BDL		3		50			
1	Controlo	OP-130 BDL		4		50			
2	Controlo	OP-140 BDL		5		50			
3	Controlo	OP-150 BDL		2		50			
6	PIMA	OP-130		10					
7	PIMA	OP-140		10					
8	PIMA	OP-150		10					
9	PIMA	OP-160		9					
10	MF	OP-110		5					
11	Exameca	OP-110		2	5				
12	Correções	OP-110/120		3					
13	MF	OP-120		4					
14	Exameca	OP-120		2	5				
15	MF	OP-130		10					
16	MF	OP-140 + Controlo		10					
	PIMA Pintura			3					
	PIMA	110/120		4					
	PIMA	170		3					

## ANEXO 28: Folha de Operação *Standard* - Situação Ideal

### Folha de Operação *Standard*

(ENGAGEMENT HOMEM/MÁQUINA)		Nome do Processo(operação):	Tempo de aprendizagem	Data de modificação		
Mês	Modelo			Operador	Chefe de UET	Chefe de Atelier
				A	A	
				B	B	
				C	C	



Volume de Produção por equipa	Tempo do ciclo de Produção
350	1

Símbolos	Segurança	Stocks	Inspeção
	+	●	◊

Procedimento da Operação	Nome do Processo (Nº Máquina)	Nº de produtos a serem fabricados num ciclo	Tempo operador manual	Tempo de operação manual durante o funcionamento máquina	Tempo de Operação da máquina	Operação Manual	Funcionamento da Máquina	Deslocamentos
Descarga Pintura			10		20			
Controlo OP110 BDL		2			50			
Controlo OP120 BDL		3			50			
Controlo OP130 BDL		4			50			
Controlo OP140 BDL		5			50			
Controlo OP150 BDL		2			50			
Controlo OP170 BDL		1			100			
10 MF OP110		4						
11 MF OP120		4						
12 Controlo Exameca		3	10					
13 Correções 110/120		3						
15 MF OP130 + Controlo		8						
16 MF OP140 + Controlo		8						